جامعة تكريت

كلية علوم الاغذية/ الشرقاط

قسم علوم وتكنولوجيا الاغذية

المرحلة / الثانية

الكيمياء الحياتية

اعداد

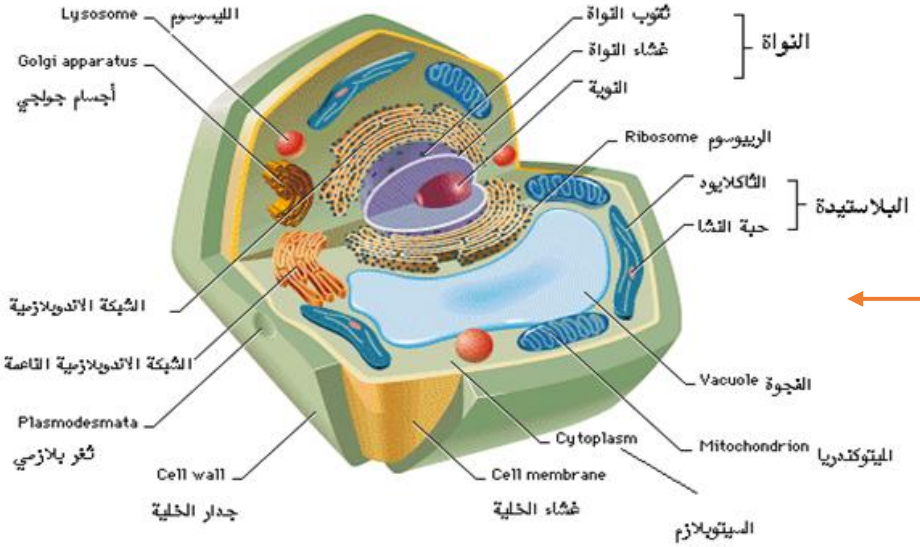
م.د مهند مهدي جمعه

مقدمة في علم الكيمياء الحيوية

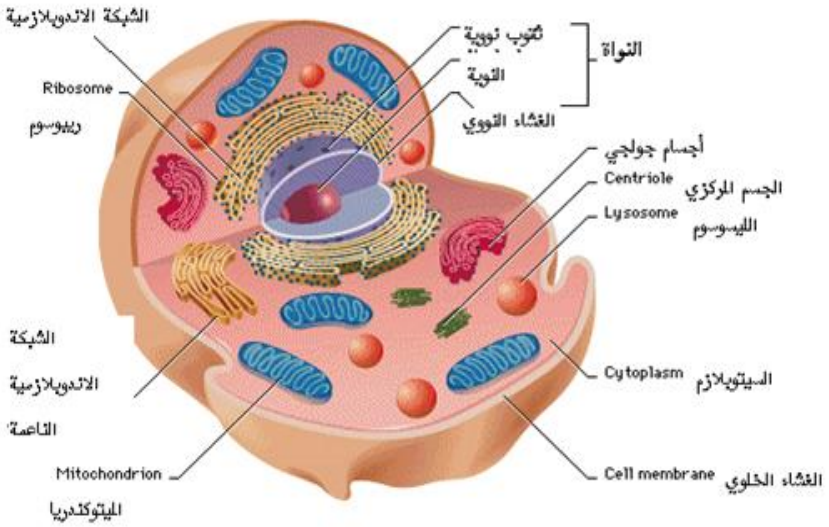
الكيمياء الحيوية هي فرع من فروع العلوم الطبيعية يدرس العمليات الكيميائية التي تحدث داخل الكائنات الحية، بما في ذلك تركيب ووظيفة الجزيئات الحيوية مثل الدهون والكربوهيدرات والبروتينات والحمض النووي، بالإضافة إلى التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الخلايا والأنسجة. فقد ركز العلماء في هذا المجال على البحث في كيمياء الكائنات الحية على اختلاف أنواعها عن طريق دراسة المكونات الخلوية لهذه الكائنات من حيث التراكيب الكيميائية لهذه المكونات ومناطق تواجدها ووظائفها الحيوية فضلا عن دراسة التفاعلات الحيوية المختلفة التي تحدث داخل هذه الخلايا الحية من حيث البناء والتخليق، أو من حيث الهدم وإنتاج الطاقة.

الخلية هي: وحدة التركيب والوظيفة لكل الكائنات الحية. وهي توجد منها نوعان:

1) **خلية حقيقية النواة** **eukaryotic** تحتوي على غشاء يفصل بين النواة ومكونات الخلية.

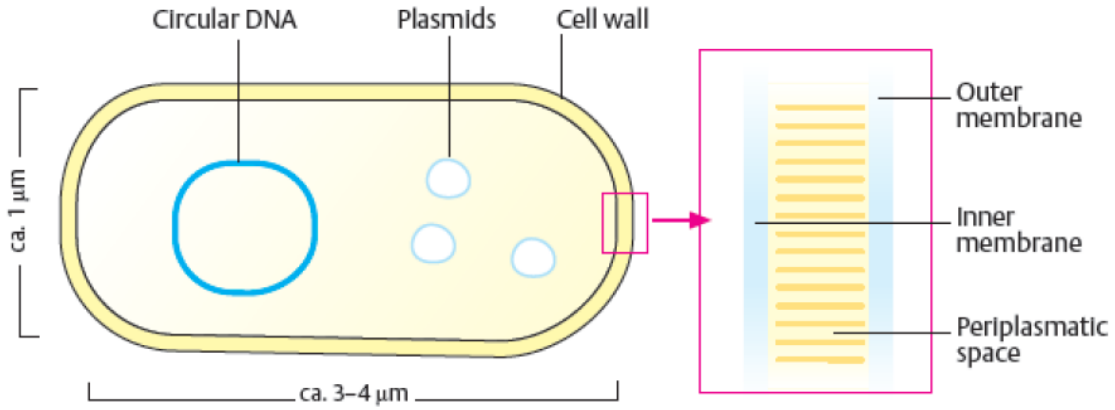


خلية نباتية



خلية حيوانية

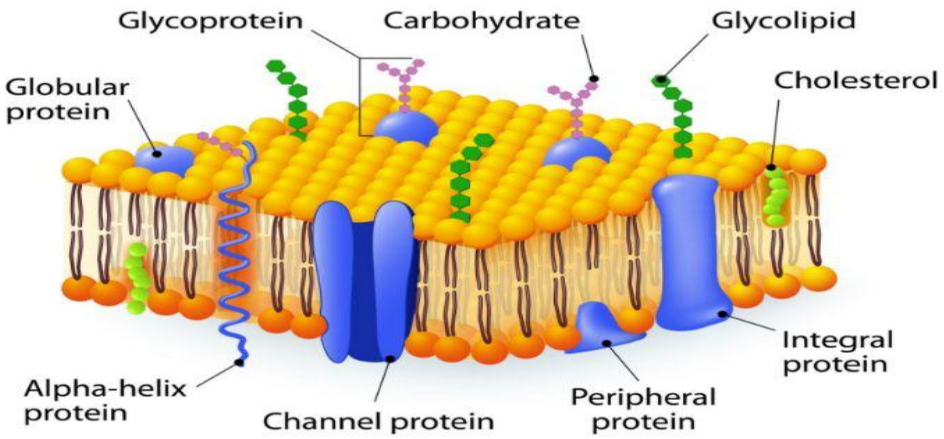
2) **خلية بدائية النواة prokaryotic** لا تحتوي على غشاء يفصل بين النواة وبقية مكونات الخلية.



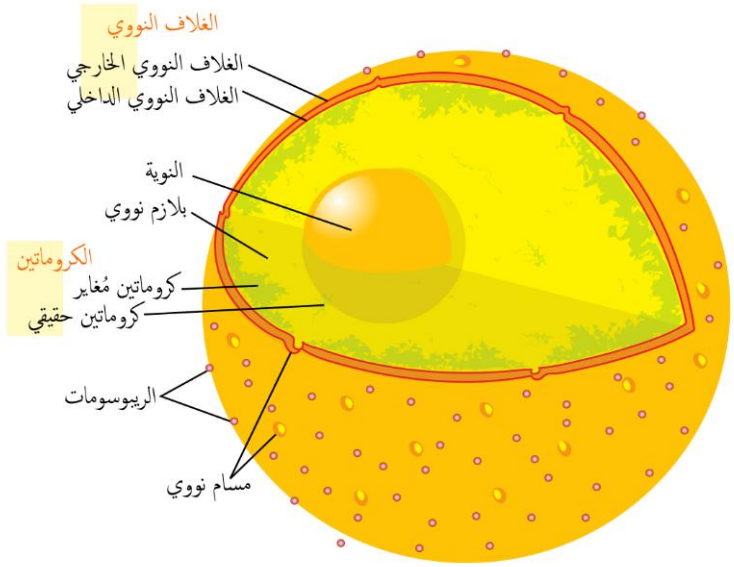
خلية بدائية النواة.

تحتوي الخلية الحيوانية على:

1) **الغشاء الخلوي Cell membrane** :_يحمي الخلية وهو غشاء ذو نفاذية اختيارية، ويتكون من ليبيدات 40%، وبروتينات 60%، وبعض الإنزيمات المتخصصة، ويرتبط ببعض المكونات الخاصة مثل الإنزيمات حيث يوجد على غشائه المستقبلات الخاصة بكل منها.



2) **النواة Nucleus** : هو مركز المعلومات في الخلية، ويحتوي على نسبة كبيرة من النيوكليوبروتين Nucleo proteins والتي تشكل فيها جزيء الدنا (DNA) النصف تقريباً بينما يشكل البروتين النصف الآخر والذي يكون نوع الهستونات والبروتامين Histones and Protamin. وتحتوي النواة على ما يزيد عن 95% من الأحماض النووية الموجودة في الخلية، وداخل النواة يوجد جسم دائري صغير يسمى النوية Nucleolus، وتتألف هذه النويات من مركبات كبيرة من جزيئات الرنا (RNA) تصل نسبتها إلى 25–20% من مجموع جزيئات الرنا الموجودة في النوية، عبارة عن mRNA التي تقوم بحمل المعلومات الوراثية من جزيء الدنا والتي تقوم بدور بارز في تصنيع البروتين داخل الخلية.



3) **السيتوبلازم Cytoplasm** : يحتوي على الرنا وجلوكوز ونواتج أيضية مثل اليوريا Urea، حمض اليورك Uric acid، الكرياتينين Creatinine، وإنزيمات Enzymes، وغيرها. ويوجد في السيتوبلازم المكونات التالية:

أ- **الميتوكندريا Mitochondria**: هي مركز توليد الطاقة في الخلية، وذلك لقابليتها في تصنيع جزيئات ATP، كما تتم فيها تفاعلات الأكسدة والاختزال، وأكسدة الأحماض الدهنية والبروتينات وغيرها

ب- **الشبكة الإندوبلازمية Endoplasmic Reticulum (ER) تتكون من:**

1) الشبكة الإندوبلازمية الملساء Smooth Endoplasmic eticulum (SER)حيث تتكون من الستيرويدات والليبيدات والسكريات العالية معقدة التركيب كما يمكن من خلالها التخلص من المركبات السامة.

2) الشبكة الإندوبلازمية الخشنة Rough Endoplasmic Reticulum (RER) – تحتوي على الريبوزومات وتقوم بتصنيع البروتين المطلوب إفرازه من الخلية أو امتصاصه في غشاء الخلية نفسها.

ت- **الريبوزم Ribosome** : تحتوي على الرنا والبروتين وفيها مكان تصنيع المركبات الببتيدية المتعددة.

ث- **أجسام جولجي Golgi Apparatus** : تقوم بعمليات الخزن الاضطرارية المؤقتة للبروتينات.

ج- **الأجسام المحللة Lysosomes**: تحتوي على الإنزيمات الهاضمة والمركبات الإنزيمية الغير فعالة.

الكاربوهيدرات Carbohydrates

الكربوهيدرات (Carbohydrates) تُعرَّف علمياً بأنها مركّبات عضوية تحتوي أساسًا على عناصر **الكربون والهيدروجين والأوكسجين**. **وتعرف الكربوهيدرات (Carbohydrates)** بانها ألدهيدات أو كيتونات متعددة الهيدروكسيل، أو مركّبات تُعطي مثل هذه الألدهيدات أو الكيتونات عند التحلّل المائي.

الوظائف الحيوية للكربوهيدرات:

1. **مصدر رئيسي للطاقة:**
   - الغلوكوز هو الوقود الأساسي للدماغ والعضلات والأنسجة .
   - غرام واحد يعطي حوالي 4 سعرات حرارية.
2. **تدخل في تركيب الخلايا:**
   - السليلوز يدعم جدران الخلايا النباتية.
   - السكريات المرتبطة بالبروتينات (الغليكوبروتينات) لها دور هيكلي وتنظيمي.
3. **تحفظ البروتين من الاستهلاك للطاقة:**
   - عند وفرة الكربوهيدرات، لا يُستخدم البروتين كوقود، بل يُحفظ لوظائفه البنائية.
4. **تنظيم بعض العمليات الحيوية:**
   - بعض الكربوهيدرات تدخل في تركيب DNA و RNA

مصادر الكربوهيدرات الغذائية:

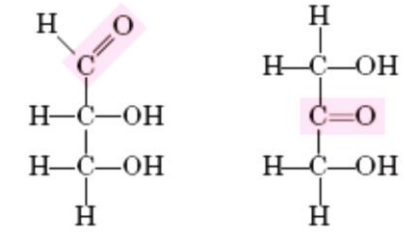
1) الحبوب: القمح، الأرز، الذرة.
2) الفواكه: مصدر رئيسي للفركتوز.
3) الخضروات: البطاطس، البقوليات.
4) منتجات الألبان: تحتوي على اللاكتوز.
5) السكريات المضافة: سكر المائدة والعسل.

تصنيف الكاربوهيدرات Classification of carbohydrates

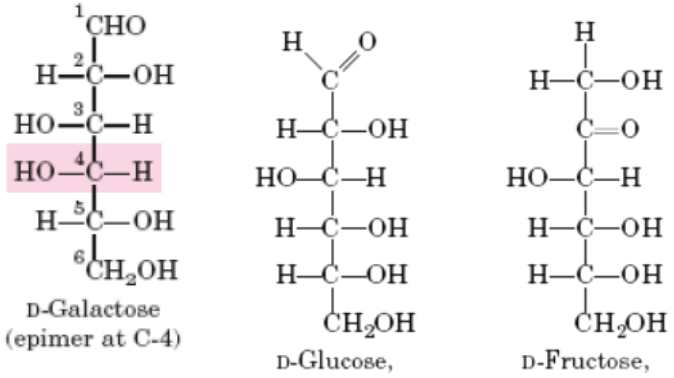
تُصنف **الكربوهيدرات (Carbohydrates)** بناءً على تركيبها الكيميائي وعدد وحدات السكر فيها إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

1) **السكريات الأحادية(Monosaccharides)** : وهي السكريات التي لا يمكن تحليلها مائيا أو إنزيميا إلى وحدات أصغر وهي عادة مواد ذات مذاق حلو وجيدة الذوبان في الماء. وتقسم السكريات الأحادية حسب نوع المجموعة الفعالة الثانية (ألدهيد أو كيتون)، وكذلك حسب عدد ذرات الكربون في السكر (من

3 إلى 7 ذرات كربون). يعتبر سكر الجلسر ألدهيد (Glyceraldehyde) أبسط السكريات الألدهيدية (الألدوزات aldoses)، بينما يمثل ثنائي هيدروكسي أسيتون أبسط السكريات الكيتونية (الكيتوزات ketoses).



وأشهر السكريات الألدهيدية وأكثرها انتشارا هو الجلوكوز، بينما يعتبر الفركتوز أشهر السكريات الكيتونية، وكلاهما سكريات سداسية (هكسوزات hexoses).



- أمثلة:
  - الجلوكوز – (Glucose) مصدر رئيسي للطاقة في الخلايا.
  - الفركتوز – (Fructose) سكر الفواكه.
  - الجالاكتوز – (Galactose) موجود في الحليب.

طريقة كتابة صيغة السكريات الأحادية:

أ- **الصيغة الخطية (المفتوحة):** نتيجة لتموضع الذرات المرتبطة بالكربون في الفراغ، فإنه يصعب كتابتها في الصيغة الفراغية عند تعدد عدد ذرات الكربون. لذلك أتفق العلماء على صيغة أبسط تسمى بالصيغة الخطية أو المفتوحة أو الاسقاطية للعالم فيشر، حيث يتم كتابة كل الذرات والروابط وكأنها في مستوى واحد (مستوى الورقة).

تتميز الصيغة الخطية بما يلي:

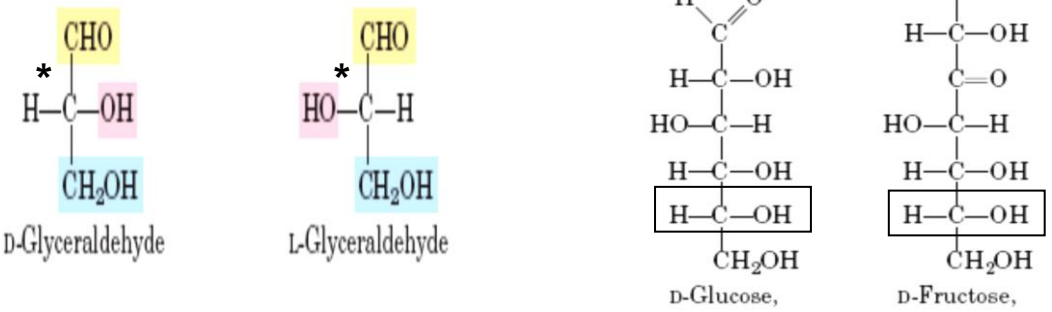
1) تكتب مجموعة الألدهيد (CHO) في الأعلى ومجموعة الكحول الطرفية (CH_2OH) في الأسفل في حالة الألدوزات، وفي حالة الكيتوزات تكتب مجموعة الكحول الطرفية الأولى (CH_2OH) في الأعلى تليها مباشرة مجموعة الكيتون، كما تكتب مجموعة الكحول الطرفية الثانية (CH_2OH) في الأسفل.

2) تكتب مجموعات OH الوسطية على اليمين أو اليسار في ذرات الكربون غير المتناظرة.

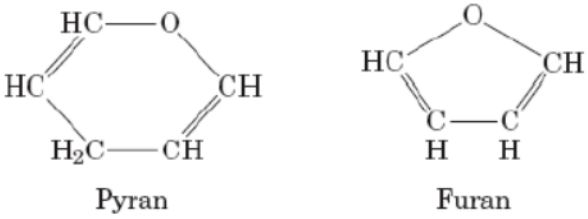
3) يبدأ ترقيم ذرات الكربون من مجموعة الألدهيد (CHO) في الألدوزات ومن مجموعة الكحول الطرفية الأولى (القريبة من مجموعة الكيتون C=O) في الكيتوزات.

تسمية السكر من النوع D و L :

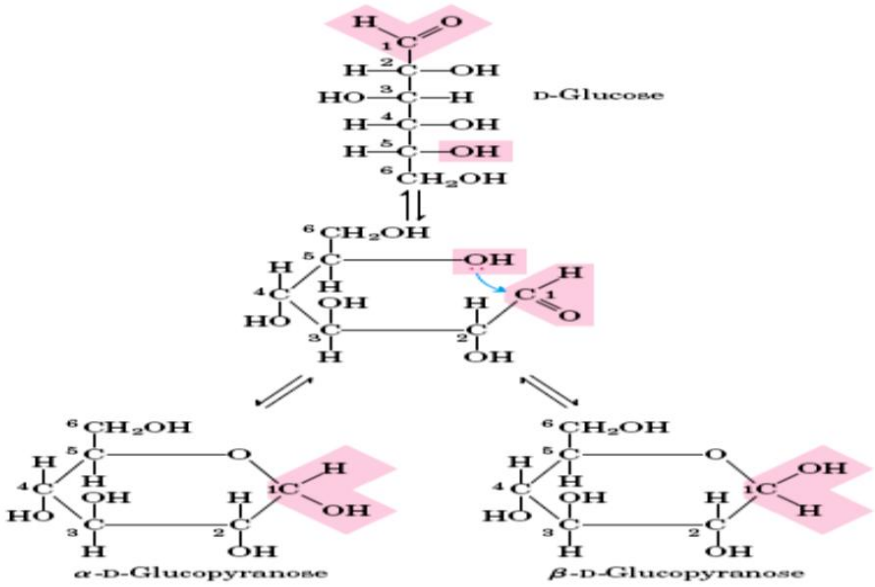
في هذا السكر تكون الصورة D هي التي تحتوي على مجموعة OH على اليمين بالنسبة للقارئ في ذرة الكربون غير المتناظرة (C*) (ما قبل الأخيرة)، والصورة L تكون فيها مجموعة OH على اليسار. في السكريات الأخرى الأكثر تعقيدا يسمى السكر (D) إذا كانت مجموعة OH في ذرة الكربون ما قبل الأخيرة على اليمين والسكر (L) إذا كانت نفس المجموعة على اليسار.



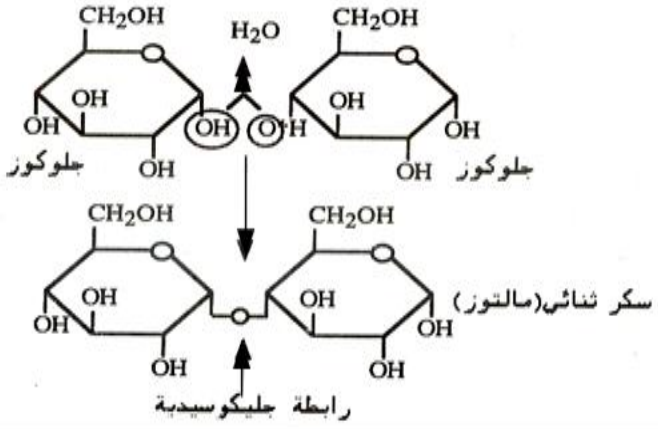
ب- **الصيغة الحلقية للسكريات:** تسمى الصيغ المكتوبة سابقا بالصيغ الخطية أو المفتوحة، هذه الصيغة صحيحة في حالة التريوزات والتتروزات، لكن السكريات الخماسية والسداسية تتواجد غالبا في صيغة أخرى تسمى الصيغة الحلقية او صيغة العالم هاورث Haworth



تسمية السكر الحلقي: الحلقات المتكونة خماسية كانت أو سداسية هي غير متجانسة. تتوضع مجموعات OH وذرات H **تحت** أو **فوق** مستوى الحلقة للتعبير عن **جهة اليمين** أو **اليسار** على التوالي في التركيب الخطي اما مجموعة OH عند ذرة الكربون رقم 1 فتدعى α كاربون عندما يكون تموضعها أسفل الحلقة وتدعى β كاربون عندما يكون تموضعها اعلى الحلقة.

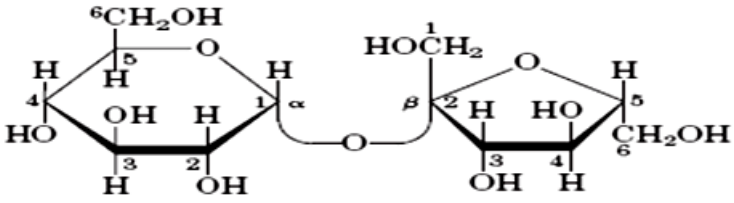


2) **السكريات الثنائية(Disaccharides)** : تشمل السكريات التي تتكون من 2 إلى 10 وحدات من السكر الأحادي مع فقدان جزيء ماء، وهي قابلة للتحلل المائي (كيميائيا أو إنزيميا) لتُنتِج سكريات بسيطة، كما ينتُج من اتحاد السكريات البسيطة بروابط O– جليكوسيدية سكريات مركبة تسمى السكريات الثنائية، الثلاثية، .....إلخ، وذلك حسب عدد وحدات السكر البسيط. أكثر السكريات المركبة انتشارا هي الثنائية وخاصة منها المالتوز، اللاكتوز والسكروز.



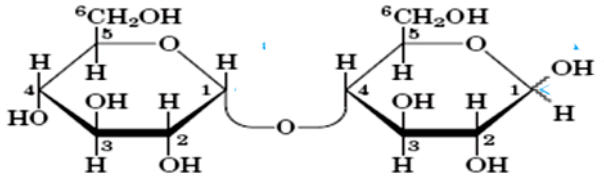
أ- **السكروز (Sucrose) (سكر القصب)**: يستخرج أساسا من نبات قصب السكر وكذلك من البنجر السكري، وهو سكر هام من الناحية الاقتصادية والاستعمالات الغذائية، وهو على عكس اللاكتوز سكر نباتي لا يوجد في الحيوانات. يتكون السكروز من فركتوز + غلوكوز، يعتبر السكروز مركب مرجعي في تحديد درجة الحلاوة (المذاق النسبي) لأي مركب، حيث أصطلح على إعطاء السكروز مذاق نسبي

يساوي 100، وتكون السكريات الأخرى أقل أو أكثر حلاوة من السكروز، مثل: الجلوكوز 60 والفركتوز 150 واللاكتوز 32.



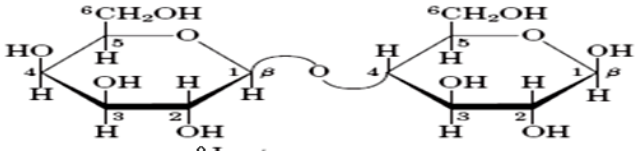
Sucrose
α-D-glucopyranosyl β-D-fructofuranoside

ب- **المالتوز (Maltose) (سكر الشعير)**: يتكون من وحدتي غلوكوز مرتبطتين برابطة بين مجموعة OH في C_1 للسكر الأول مع OH في C_4 للسكر الثاني، برابطة (4<--- 1) α.



Maltose
α-D-glucopyranosyl-(1→4)-D-glucopyranose

ت- **اللاكتوز (Lactose)** :يتواجد أساسا في الحليب بنسبة تقدر بحوالي (5%)، وهو السكر الوحيد ذو الأصل الحيواني ولا يوجد في النباتات. يتكون من غلاكتوز + غلوكوز برابطة (4 <--- 1) β .



βLactose
β-D-galactopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranose

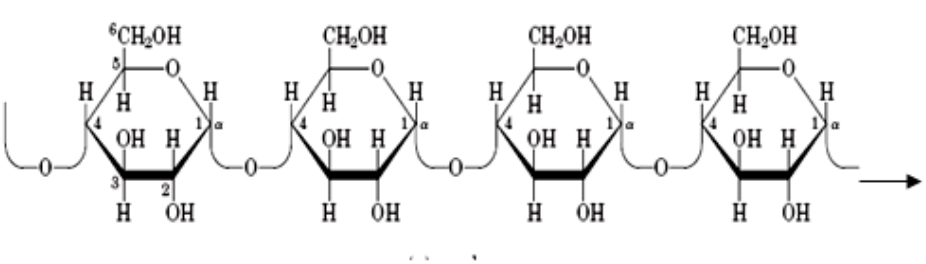
3) السكريات المتعددة(Polysaccharides) : تتكون من عدد كبير من السكريات الأحادية، وهي أكثر أنواع الكربوهيدرات انتشارا في المصادر الطبيعية وأهمها النشا، الجليكوجين، والسليلوز. للسكريات المتعددة أوزان جزيئية عالية بعضها خزني وبعضها بنائي يدخل في بناء العديد من التراكيب الخلوية مثل: الجدران والأنسجة الدعائمية. تعطي السكريات المتعددة عند تحللها كيميائيا أو بإنزيمات متخصصة سكريات أحادية.

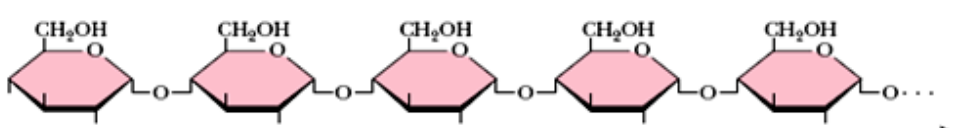
تقسيم السكريات المتعددة: تقسم حسب ما تحتويه من وحدات بسيطة إلى متجانسة وغير متجانسة.

أ- **السكريات المتعددة المتجانسة**: تعطي عند تحللها نوع واحد من السكريات الأحادية ومن أمثلتها: النشا، الجليكوجين والسليلوز.

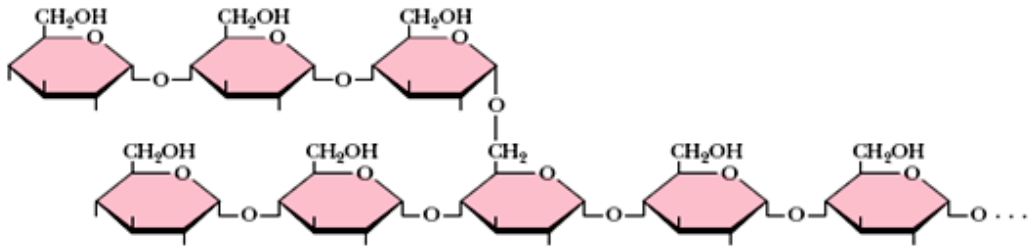
1) النشا Starch: يعتبر المخزون الغذائي الرئيسي في الخلايا النباتية، ويمكن أن يخزن بكميات كبيرة في أعضاء نباتية خاصة مثل الدرنات (البطاطس) والحبوب (القمح والشعير). كما يخزن النشاء بصورة مؤقتة في البلاستيدات الخضراء أثناء عملية التركيب الضوئي. تتميز الخلايا النباتية الخضراء بقابليتها

على تصنيع النشاء في البلاستيدات الخضراء. يتكون النشاء من نوعين من المكونات هي: الأميلوز والأميلوبكتين . يتكون الأميلوز من سلاسل غير متفرعة لوحدات α– غلوكوز مرتبطة بروابط جليكوسيدية α (1→4) ، تلتف سلاسل الأميلوز حلزونيا.



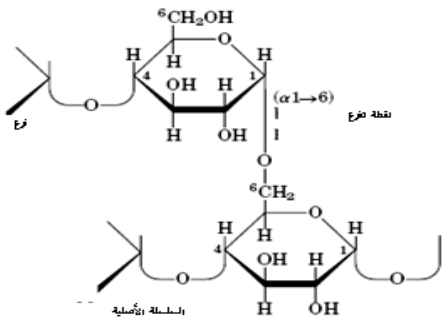


Amylose



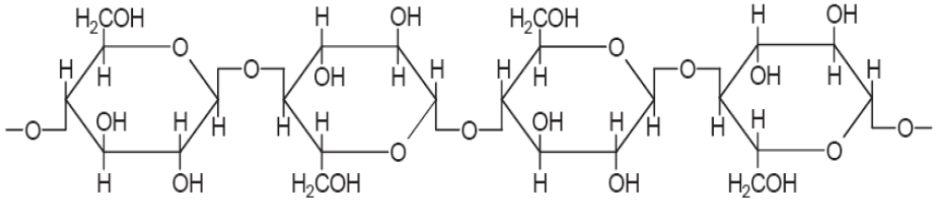
Amylopectin

يتكون الأميلوبكتين من سلاسل متفرعة من α –غلوكوز تحتوي بالإضافة إلى الروابط (4→ 1) α على روابط α (1 →6) في نقاط التفرع.



2) **الجليكوجين:** وهو المخزون الغذائي في الخلايا الحيوانية ويقابل النشا في الخلايا النباتية، لذا يسمى أحيانا بالنشا الحيواني. يخزن الجليكوجين أساسا في الكبد بنسبة 8 – 10 % من الوزن الطري، كما يتواجد كذلك في خلايا القلب والعضلات. له نفس تركيب الأميلوبكتين من حيث نوع الوحدات والروابط، ويختلف عنه في كثرة التفرعات وقلة طولها (فرع لكل 3 – 5 وحدات مقارنة مع فرع لكل 25 وحدة في حالة الأميلوبكتين)، مما يجعل شكل حبيبات الجليكوجين أكثر تكدسا وأقل حجما من حبيبات النشا.

3) **السليلوز**: أكثر المركبات العضوية انتشارا في الطبيعة حيث أن أكثر من 50% من الكربون الموجود في النباتات هو سليلوز. وهو مادة ليفية مقاومة لا تذوب في الماء البارد أو الساخن. يوجد السليلوز في الجدران الخلوية خاصة في السيقان والجذوع، كما يشكل 90 % من ألياف القطن. يتكون السليلوز من سلاسل طويلة (10 ألاف وحدة)، مستقيمة من β–جلوكوز مرتبطة بروابط (1 → 4) β. يتحلل السليلوز بواسطة إنزيم السللولاز.



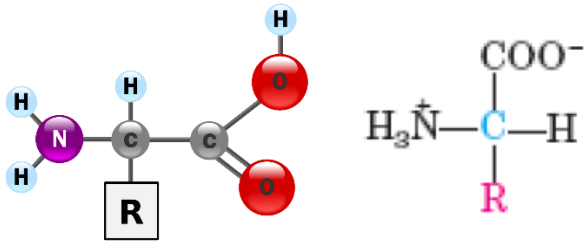
ب– **السكريات المتعددة غير المتجانسة:** هي التي تعطي عند تحللها أكثر من نوع واحد من السكريات الأحادية أو مركبات مشتقة من السكريات الأحادية المعروفة، يلاحظ غالبا وجود نوعين من الوحدات البسيطة المتعاقبة على السلسلة متعددة السكريات ومن أمثلتها: الهيبارين، الهيالورونيك Hyaluronic acid.

الأحماض الأمينية والبروتينات

تعتبر البروتينات أهم المركبات الحيوية نظرا للأدوار الأساسية التي تقوم في الخلايا الحية. تتواجد البروتينات في كل الخلايا الحية وفي كل الأجزاء الخلوية وتؤدي أدوارا مختلفة كإنزيمات وبروتينات النقل، التخزين، التغذية، الحركة، هرمونات .....إلخ. تحتوي البروتينات أساسا على عناصر الكربون، الأكسجين، الهيدروجين، النتروجين والكبريت، كما يحتوي بعضها على عناصر أخرى مثل الحديد، الفسفور، والنحاس، الزنك. **والبروتينات** هي جزيئات كبيرة تتكون من عدد كبير من الوحدات الأساسية تسمى الأحماض الأمينية Amino Acides.

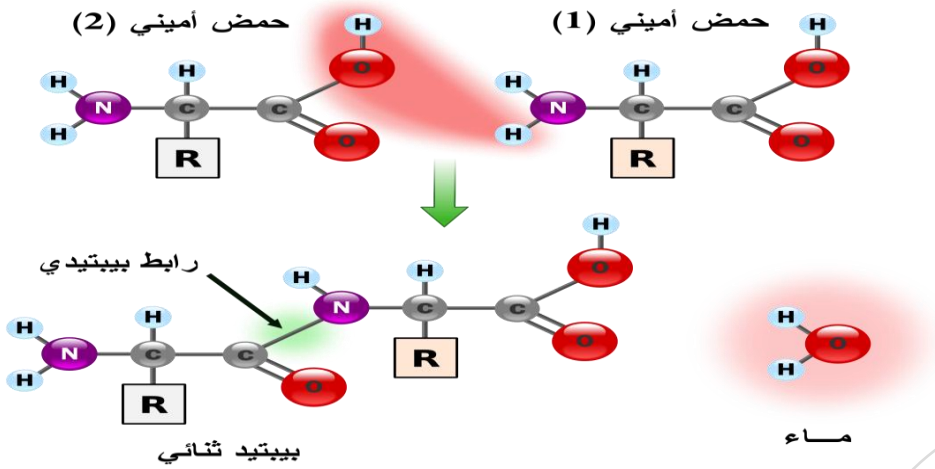
الأحماض الأمينية:

تعرف الاحماض الامينية بانها أصغر وحدة بنائية في تركيب البروتين. أذ تعد اللبنة الأساسية لبناء جميع البروتينات. تتكون من مجموعة أمين ومجموعة كربوكسيل وذرة هيدروجين وسلسلة جانبية (R) مرتبطة عن طريق ذرة كربون تسمى α– كربون لأنها مجاورة لمجموعة الكربوكسيل. تكون مجموعة الكربوكسيل متأينة وحاملة لشحنة سالبة بينما تكون مجموعة الأمين حاملة لشحنة موجبة.



يتواجد في البروتينات عادة عشرون (20) حمضا أمينيا أساسيا تختلف فيما بينها في السلسلة الجانبية (R)، هذه السلسلة تحدد خصائص الحمض الأميني الكيميائية والفيزيائية مثل نوع التفاعلات والذوبان.

وعند ارتباط حامضين امينيين يسمى بالبتيدة الثنائية Dipeptide وفي حالة ارتباط عدة احماض امينية يطلق عليها البتيدة المتعددة Polypeptide.



تسمية الأحماض الأمينية

لكل حمض أميني اسم لاتيني خاص واسم مختصر مكون من الثلاثة حروف الأول واسم مختصر مكون من حرف واحد. ويستعمل عادة الاسم المكون من ثلاثة أحرف خاصة عند كتابة تسلسل الأحماض الأمينية في البروتينات. يحتوي الجدول الموالي على أسماء الأحماض الأمينية الأساسية وبعض مميزاتها.

أسماء الاحماض الامينية وبعض خصائص الاحماض الامينية المتواجدة في البروتينات

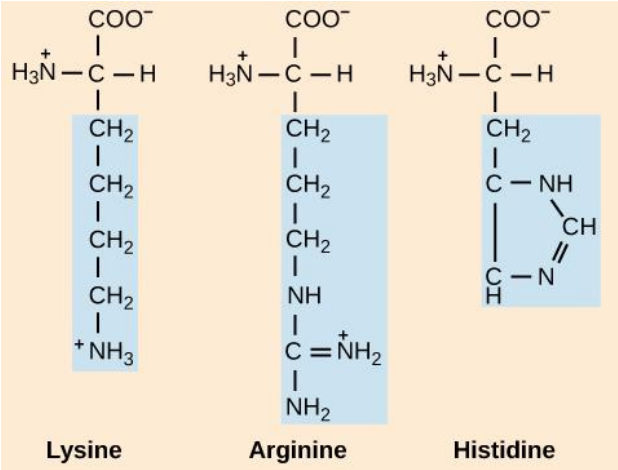
الحمض الأميني	الرمز (ثلاثة حروف)	الرمز (حرف واحد)	الكتلة الذرية (غ/مول)	قطبية السلسلة الجانبية	حمضية أو قاعدية السلسلة الجانبية	الأهمية الغذائية
ألانين Alanine	**Ala**	**A**	89,1	غير قطبي	متعادل	غير أساسي
أرجنين Arginine	**Arg**	**R**	174,20	قطبي	قاعدي (قوي)	شبه-أساسي
أسباراجين Asparagin	**Asn**	**N**	132,12	قطبي	متعادل	غير أساسي
حمض الأسبارتيك Aspartic acid	**Asp**	**D**	133,10	قطبي	حمضي	غير أساسي
سيستين Cysteine	**Cys**	**C** (م)	121,16	قطبي	متعادل	غير أساسي (م م)
جلوتامين Glutamin	**Gln**	**Q**	146,15	قطبي	متعادل	غير أساسي
جلوتاميت Glutamic acid	**Glu**	**E**	147,13	قطبي	حمضي	غير أساسي
جلايسين Glycine	**Gly**	**G**	75,07	غير قطبي	متعادل	غير أساسي
هستيدين Histidine	**His**	**H**	155,16	قطبي	قاعدي (ضعيف)	شبه-أساسي
آيزوليوسين Isoleucine	**Ile**	**I**	131,17	غير قطبي	متعادل	أساسي
ليوسين Leucine	**Leu**	**L**	131,17	غير قطبي	متعادل	أساسي
لايسين Lysine	**Lys**	**K**	146,19	قطبي	قاعدي	أساسي
مثيونين Methionine	**Met**	**M**	149,21	غير قطبي	متعادل	أساسي
فينيل ألانين Phenylalanine	**Phe**	**F**	165,19	غير قطبي	متعادل	أساسي
برولين Proline	**Pro**	**P**	115,13	غير قطبي	متعادل	غير أساسي
سيرين Serine	**Ser**	**S**	105,09	قطبي	متعادل	غير أساسي

ثريونين Threonine	**Thr**	**T**	119,12	قطبي	متعـادل	أساسـي
تربتوفان Tryptophan	**Trp**	**W**	204,23	غير قطبي	متعـادل	أساسـي
تيروسين Tyrosin	**Tyr**	**Y**	181,19	قطبي	متعـادل	غير أساسي(م م)
فالين Valine	**Val**	**V**	117,15	غير قطبي	متعـادل	أساسـ

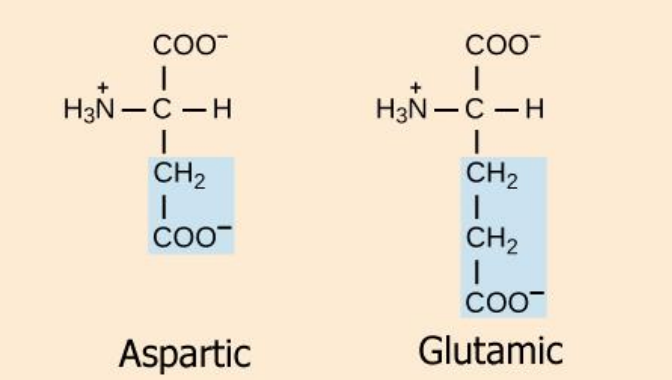
تقسيم الأحماض الأمينية

هناك عدة طرق لتقسيم الأحماض الأمينية أهمها تلك التي تعتمد على محتوى السلسلة الجانبية من مجموعات قاعدية أو حامضية، وتقسم الأحماض الأمينية تبعا لذلك إلى 3 أقسام أساسية:

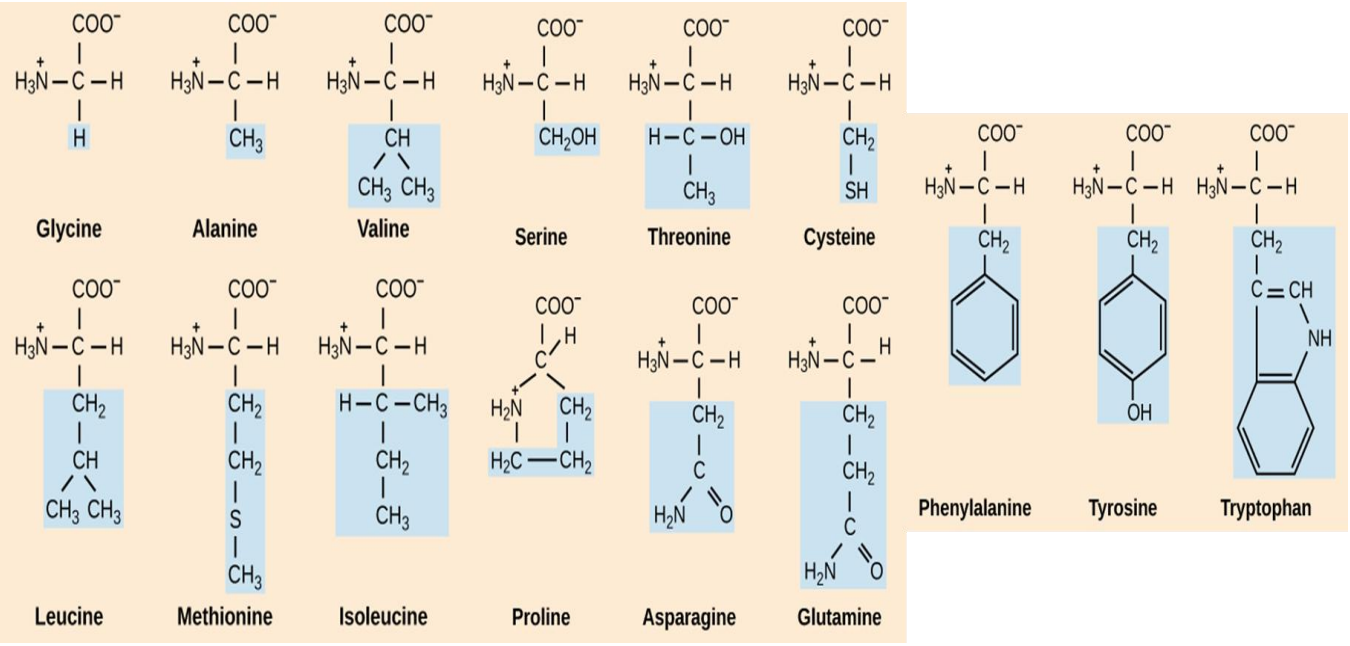
1. **أحماض أمينية قاعدية:** عددها 3 هي: Lys , Arg , His . تحتوي هذه الأحماض على مجموعة قاعدية في السلسلة الجانبية وتحمل شحنة موجبة عند pH المتعادل.



2. **أحماض أمينية حامضية:** عددها 2 وهي: Asp , Glu. وتتميز هذه الأحماض باحتوائها على مجموعة حمضية في السلسلة الجانبية وتحمل بذلك شحنة موجبة عند pH المتعادل.



3. **أحماض أمينية متعادلة:** عددها 15، وتقسم هذه الأحماض الأمينية بدورها إلى أحماض أمينية أليفاتية، كحولية، كبريتية، عطرية (أروماتية) ...إلخ.

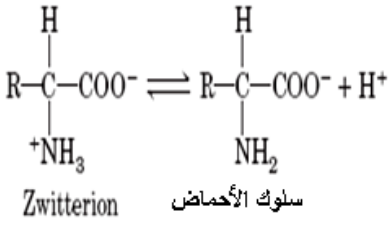


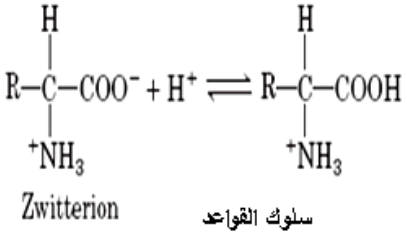
قد تقسم الأحماض الأمينية حسب سلوكها في الماء إلى محبة للماء (Hydrophyles) وكارهة للماء (Hydrophobes).

بعض خصائص الأحماض الأمينية:

الشحنة:

تكون الأحماض الأمينية في المحاليل ذات pH المتعادل على شكل أيون ثنائي القطبية (dipolar ion أو Zwitterion)، وتكون مجموعة الأمين موجبة الشحنة (NH_3^+) ومجموعة الكربوكسيل سالبة الشحنة (COO^-). تتغير هذه الشحنة بتغير pH الوسط، كما تحتوي الأحماض الأمينية القاعدية والحامضية على شحنات إضافية في السلسلة الجانبية (R). تسلك الأحماض الأمينية سلوك الأحماض (تعطي بروتونات) وسلوك القواعد (تكسب بروتونات) وذلك تبعا لدرجة pH الوسط، لذلك تسمى الأحماض الأمينية.





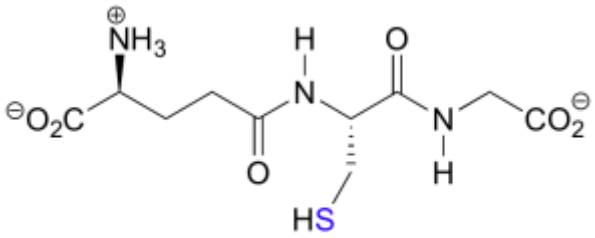
الببتيدات:

تتحد الأحماض الأمينية بروابط ببتيدية لتكوين الببتيدات ويسمى المركب الناتج: ثنائي أو ثلاثي أو رباعي الببتيد حسب عدد الأحماض الأمينية المكونة له، ويسمى متعدد الببتيد إذا احتوى على عدد كبير من الأحماض الأمينية. لكل ببتيد نهاية أمينية وأخرى كربوكسيلية (N–TERMINAL , C–TERMINAL)، ويتكون الاسم المفصل للببتيد من الأسماء المختصرة للأحماض الأمينية الداخلة في تركيبه حسب تسلسلها ابتداء من النهاية الأمينية.

مثال: Ser–Gly–Tyr–Ala–Leu هو خماسي ببتيد Pentapeptide ويسمى كالتالي:

Seryl–Glycyl–Tyrosyl–Alanyl–Leucine ويعني المقطع "yl" أن الحمض الأميني مرتبط بواسطة مجموعته الكربوكسيلية بـ NH_2 لحمض أميني موالي. تقوم بعض الببتيدات بأدوار هامة كهرمونات أو مضادات حيوية أو مضادات أكسدة مثل الجلوتاثيون Glutathione .

الجلوتاثيون هو ببتيد يحتوي ثلاثة أحماض أمينية هي حمض الجلوتاميك السيستين والجلايسين. ويرمز له بالرمز GSH عندما يكون مختزلاً، ويرمز له GSSG عندما يكون مؤكسداً. ويعمل كمرافق إنزيمي Coenzyme، ومضاد أكسدة Antioxidant لحماية الخلايا من ضرر الجذور الحرة(Free radicals) ويعد الجلوتاثيون هاماً لسلامة خلايا الدم الحمراء وعمل البروتينات والأغشية الدهنية وغيرها.



Glutathione (GSH)

البروتينات:

تعد البروتينات مكونات أساسية لكل خلية حية ويستفاد منها في تكوين وتجديد الأنسجة وهي جزيئات بالغة التعقيد وهي ذات أوزان جزيئيه مرتفعة تتراوح بين عدة آلاف إلى مليون أو اكثر وتحتوي هذه الجزيئات على الكربون والهيدروجين والأوكسجين والنتروجين وفي بعض الأحيان تحتوي على الكبريت كما تكون من المقومات الأساسية للجلد والعضلات والأظافر والشعر والدم والأجسام المضادة والإنزيمات وكذلك لعدد من الهرمونات والمضادات الحياتية أي أن البروتينات مادة أساسية وضرورية في تركيب جميع الخلايا الحيوانية والنباتية إذ إنها تكون الجزء الرئيسي للمادة الحية وهي البروتوبلازم وهي ناتجة عن تكثيف عدد كبير من الأحماض

الأمينية المختلفة من نوع ألفا وتعمل بروتينات متخصصة كإنزيمات وبعضها كأجسام مضادة بينما يعمل البعض الأخر القيام بوظائف مهمة منها تنظيم العمليات الايضية والعمليات التقلصية وتتعلق بجميع النشاطات الفسيولوجية وتستطيع النباتات تخليق البروتينات من المصادر اللاعضوية للنتروجين والماء وثاني اوكسيد الكربون الذي تكون متمثلة بواسطة الأوراق والجذور وبالمقابل يعتمد الحيوان والإنسان على بروتينات النبات والحيوان في الغذاء لتزويدها بالمكونات الضرورية لتخليق وبناء البروتينات حيويا ونظرا لأهمية البروتينات بالنسبة للحيوان والإنسان فان العديد من النباتات تزرع بسبب القيمة الغذائية لبروتيناتها ولا تمتلك جميع البروتينات نفس القيمة الحيوية ويعود هذا الاختلاف إلى حقيقة كون بعض البروتينات غنية بالأحماض الأمينية الأساسية بينما تفتقر بروتينات أخرى إلى بعض هذه الأحماض أو تحتوي على كميات قليلة جدا منها.

مصادر البروتينات:

هناك مصدرين رئيسين يحصل الإنسان منها على البروتينات هما:

1) مصادر بروتينية حيوانية: وهي المصادر التي تأتي من الحيوانات مثل (اللبن ومشتقاته، الاسماك، اللحوم المختلفة، الدواجن، البيض).
2) مصادر بروتينية نباتية: ويأتي في مقدمتها (فول الصويا وهو من أغنى المصادر النباتية بالبروتينات يأتي بعده الفاصوليا، البطاطس، العدس، الأرز، كما وتوجد البروتينات بكميات قليلة في كل من الحمص، الذرة، الخبز، الشعير).

الوظائف الحيوية والفيزيولوجية للبروتينات:

يمكن تلخيص وظائف البروتينات بالآتي:

1) بنائية / لها دور في بناء معظم خلايا الجسم كالخلايا العضلية ((الاكتين، المايوسين)).
2) نقل / لها علاقة في نقل كثير من المواد في الدم مثل البروتينات الدهنية.
3) تشكيل انزيمات / تدخل في تركيب أكثر من (200) أنزيم ((عامل مساعد)) والتي لها دور مهم في تنظيم الكثير من العمليات الفسيولوجية داخل الجسم.
4) تكوين هرمونات / مثل الانسولين.
5) مناعة الجسم / لها علاقة في تركيب الأجسام المضادة في جهاز المناعة.
6) توازن الأس الهيدروجيني pH تعمل على دفع مواد حامضية وقاعدية إلى الدم من أجل الموازنة.
7) توازن السوائل / لها علاقة في رفع الضغط الازموزي للمحافظة على توازن السوائل.
8) إنتاج طاقة / لها علاقة في إنتاج الطاقة لإعادة ATP.
9) خزن / تخزن في مناطق الخزن على شكل دهون.

تقسيم البروتينات:

تقسم البروتينات حسب الوظيفة التي تقوم بها إلى:

1) الإنزيمات: وهي بروتينات ذات وظيفة خاصة تعمل على سير التفاعلات الحيوية، ولكل تفاعل حيوي إنزيم خاص.
2) بروتينات النقل: مثل بروتينات الدم والتي تقوم بنقل أيونات أو جزيئات من عضو إلى آخر. وأهمها الهيموجلوبين الذي ينقل الأكسجين من الرئتين إلى الأنسجة المختلفة لإتمام عملية أكسدة المواد الغذائية وتحرير الطاقة.
3) البروتينات الغذائية والخزنية: مثل ألبيومين البيض وكازيين الحليب، بالإضافة إلى العديد من البروتينات المخزنة في البذور النباتية والضرورية لنمو الجنين.
4) بروتينات الحركة: وهي البروتينات التي تكسب الخلايا والأنسجة قابلية الحركة والتقلص وتغيير الشكل. ومن أهم أمثلتها بروتينات الأكتين والميوزين في العضلات.
5) البروتينات التركيبية (البنائية): مثل تلك البروتينات المكونة للعظام، الغضاريف، الشعر، الصوف، الأضافر، الصفائح .....إلخ. ومن أهم أمثلتها بروتين الكولاجين Collagen المكون الأساسي للأنسجة الضامة والكيراتينات المكونة للشعر والفبروين Fibroin المكون للحرير.
6) البروتينات المناعية: مثل الگلوبيولينات المناعية المختلفة Immonoglobulines ، وهي بروتينات متخصصة تصنع في خلايا الدم البيضاء ويمكنها التعرف والقضاء على البكتيريا والفيروسات والجزيئات الغريبة.
7) البروتينات المنظمة: مثل الهرمونات كالأنسولين والكثير من الهرمونات الأخرى ذات الطبيعة البروتينية.

تقسم البروتينات كذلك حسب تركيبها الكيميائي ووجود المجموعات غير البروتينية إلى:

أ- **بروتينات بسيطة** والتي تحتوي على أحماض أمينية فقط.

ب- **بروتينات مركبة** والتي تحتوي ضمن تركيبها على أجزاء غير بروتينية تسمى المجموعة المرتبطة Prosthetic group. وتقسم البروتينات حسب نوع المجموعة المرتبطة إلى:

* **بروتينات سكرية** (گليكوبروتينات Glycoproteins): وهي بروتينات مرتبطة مع سكريات مثل بروتينات الأغشية.

* **بروتينات دهنية** (ليبوبروتينات Lipoproteins) وتوجد كثيرا في مصل الدم والأنسجة العصبية.

* **بروتينات معدنية** (metalloproteins) وتحتوي على أيونات معدنية مثل الحديد.
* **بروتينات ملونة** (chromoproteins) وهي بروتينات مرتبطة بمجموعات ملونة مثل الهيموجلوبين الذي يحتوي على مجموعة الهيم.
* بروتينات فسفورية (phosphoproteines) وهي بروتينات مرتبطة بمجموعات فوسفات مثل الكازيين الموجود في الحليب والفيتيلين Vitelline الموجود في صفار البيض.
* بروتينات نووية (nucleoproteines) وهي بروتينات متحدة مع الأحماض النووية مثل الهستونات.

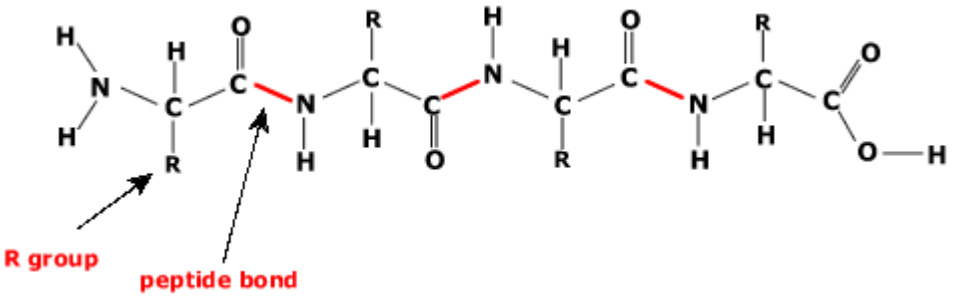
وهناك تقسيم آخر يقسم البروتينات إلى قسمين رئيسيين حسب شكلها الخارجي وبعض الخواص الفيزيائية إلى:

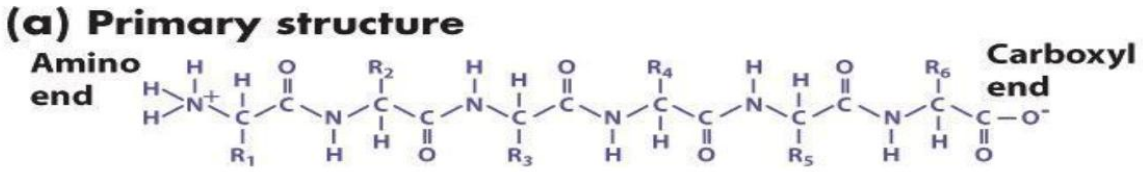
1. **البروتينات الكروية** (Globular proteins) وهي بروتينات تنطوي بدرجة شديدة وتتكدس لتعطي شكل كروي. وتتميز البروتينات الكروية عادة بقابليتها للذوبان في الماء ووظيفتها الديناميكية كإنزيمات أو بروتينات نقل أو بروتينات مناعية .... إلخ.
2. **البروتينات الليفية** (Fibrous proteins) وهي بروتينات ليفية ذات سلاسل مستقيمة تتميز غالبا بعدم قابليتيها للذوبان في الماء ووظيفتها البنائية التركيبية، حيث يشكل أغلبها أجزاء هامة في تركيب الأنسجة المختلفة.

بنية البروتينات:

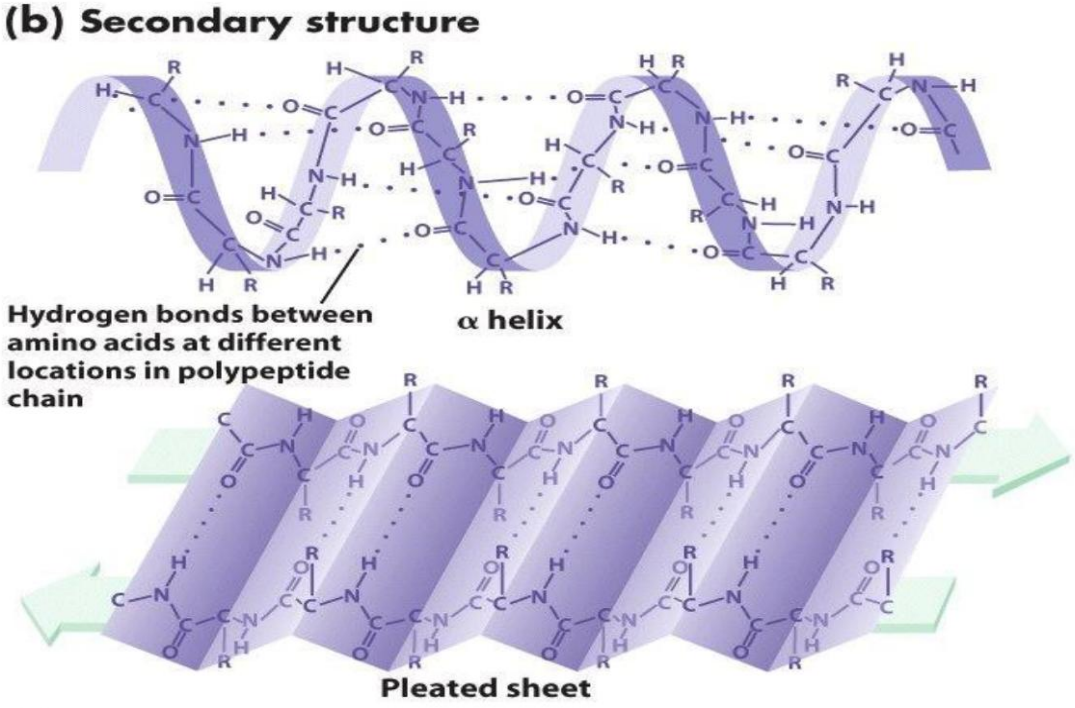
البروتينات هي عبارة عن ببتيدات متعددة ذات وزن جزيئي عالي وهي تلعب دورا مهما في وظيفة الخلية وتركيبها البنائي وتعد البروتينات ذات تراكيب بنائية معقدة ليس لكونها عالية الوزن الجزيئي فحسب ، بل بسبب الترتيب الفراغي لها وذلك لان البروتينات يعتمد تركيبها على الصفات الفيزياوية والكيمياوية لتركيبها البنائي والكيمياوي والتركيب ناتج عن حجم جزيئات البروتين ولغرض الوصول إلى فهم واضح لطبيعة تركيب جزيئات البروتين يتحتم علينا دراسة مستويات التركيب البنائي للجزيئات حيث يمكن تحديد أربعة مستويات للتركيب البنائي للبروتين وهي التركيب البنائي الابتدائي (الأولى) والثانوي والثلاثي والرباعي

1) **البنية الأولية (primary structure):** هي ارتباط عدد من الأحماض الأمينية بروابط ببتيدية وهي عبارة عن تسلسل الأحماض الأمينية. تتميز البنية الأولية بوجود نوع واحد من الروابط بين الأحماض الأمينية وعدم وجود أي انطواء للسلسلة الببتيدية.





2) **البنية الثانوية (secondary structure):** هو التركيب الناتج عن الارتباطات المنتظمة المتكررة (روابط هيدروجينية) بين ذرات العمود الفقري لسلسلة واحدة من متعددة الببتيد فيؤدي إلى التفاف السلسلة الببتيدية ذات البنية الأولية في مناطق محدودة في شكل بنية حلزونية α أو أوراق مطوية β أو مناطق انعطاف. تتميز هذه البنية بوجود الروابط الهيدروجينية بين مجموعات C=O ومجموعات N–H التابعة للروابط الببتيدية.



3) **البنية الثالثية (tertiary structure):** وهو الشكل الفراغي ثلاثي الأبعاد الذي تأخذه السلسلة الببتيدية وحيدة القطعة ذات البنية الثانوية. تأخذ البروتينات هذه البنية بعد انطواءها بشكل تلقائي يحدده العديد من

العوامل الداخلية والخارجية. هناك 4 أنواع من الروابط بين السلاسل الجانبية للأحماض الأمينية المكونة للسلسلة البيبتيدية مما يعطي التركيب الثلاثي للبروتين شكل كروي أو مطوي مستقر، هذه الروابط هي:

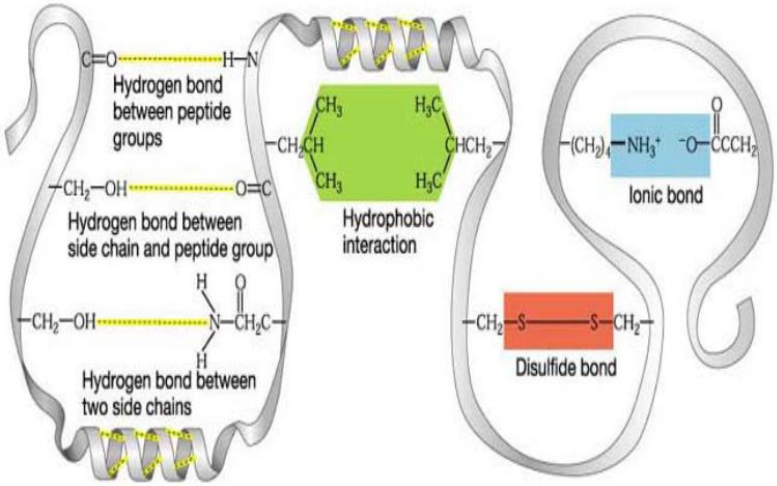
أ- روابط ثنائي الكبريتيد

ب- الروابط الأيونية.

ت- الروابط الهيدروجينية

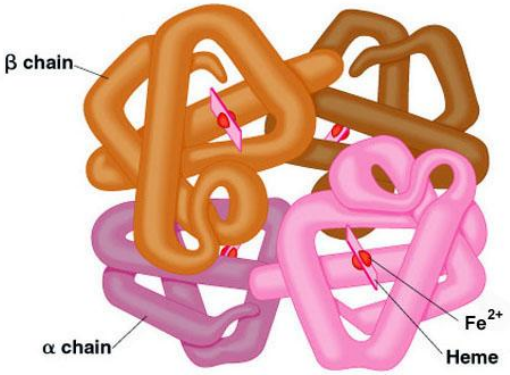
ث- قوى فانديرفال.

ج- روابط هيدروفوبية.



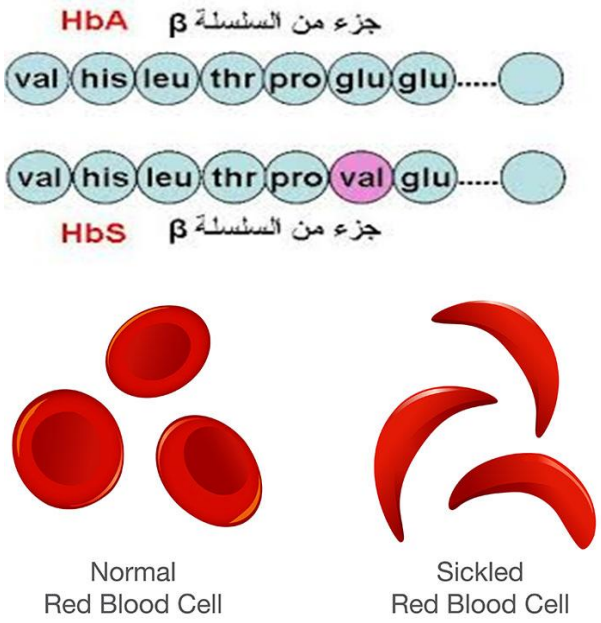
4) **البنية الرباعية (Quaternary structure):** يوجد هذه البنية في بعض البروتينات مثل البروتينات الكروية التي تزيد أوزانها الجزيئية عن 50.000 دالتون، التي تتكون من أكثر من سلسلة ببتيدية واحدة. يستخدم عادة هذا المصطلح للدلالة على البنية التي تكونها اتحاد سلسلتين ببتيديتين أو أكثر فيما يسمى الوحدة البروتينية، وتسمى كل سلسلة ضمن البنية الرباعية بتحت الوحدة (subunit) للبروتين .علما ان الروابط التي تسبب استقرار التركيب الثلاثي هي نفسها التي تسبب استقرار التركيب الرباعي للبروتين.

مثال: الهيموجلوبين.



ان الترتيب او التعاقب الصحيح للأحماض الامينية في جزيئة البروتين يضمن الحصول على الشكل الفراغي المميز لكل بروتين مما يؤهله لإنجاز الوظيفة التي خلق من اجلها وان أي اختلال بهذا الترتيب أو بنوع الأحماض الامينية المكونة له يؤدي إلى حالات مرضية عديدة فالعديد من الأمراض الوراثية المكتشفة يعود سببها إلى خلل في تسلسل الأحماض الأمينية في بروتين معين، مثل مرض الأنيميا المنجلية Sickle-cell anemia. كما أن ثلث هذه الأمراض الوراثية تقريبا يعود سببها إلى تغير في تسلسل حمض أميني واحد.

فمرض الأنيميا المنجلية، سببه حدوث خلل وراثي أثناء اصطناع الهيموغلوبين في الجسم.



الدهون (الليبيدات) Lipids

يطلق مصطلح لبيدات على الدهون Fats والزيوت Oils مع كميات قليلة جدا من مكونات غير دهنية مثل الفوسفولبيدات والبروتينات والكربوهيدرات والمعادن والكاروتينويدات والستيرولات والفيتامينات الذائبة بالدهن مثل A, D, K , E وهي مجموعة غير متجانسة من المواد الموجودة طبيعيا في النباتات والحيوانات والأحياء المجهرية وهي استرات أحماض دهنية مع كلسيرول مع مركبات غير دهنية بكميات قليلة.

- الدهون Fats صلبة في درجة حرارة الغرفة العادية بينما الزيوت oils هي اللبيدات السائلة في درجة حرارة الغرفة العادية والزيوت قابلة للهضم وتستعمل للأغراض الغذائية مثل زيوت الزيتون، فول الصويا، عباد الشمس.
- تتميز اللبيدات بكونها زيتية الملمس وغير ذائبة في الماء ولكنها تذوب في الكحول والكلوروفورم والأسيتون والايثر والبنزين وبقية المذيبات العضوية الأخرى.
- تحتوي اللبيدات على الكربون والهيدروجين والأوكسجين بينما يحتوي بعضها على الفسفور والنتروجين.

تصنيف اللبيدات Classification

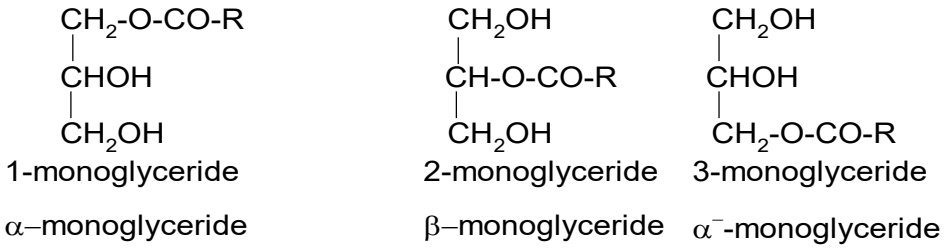
هناك عدة أصناف رئيسية من اللبيدات حيث يعتمد التصنيف على التركيب الكيماوي العام وعلى محتواها من المكونات المختلفة، لذلك تعددت الأصناف اعتمادا على النظام الذي يراه المختصون مناسبا وذلك لعدم وجود نظام عالمي متفق علية وعلى هذا الأساس يختلف التصنيف من مختص لاخر وتنقسم اللبيدات حسب تركيبها الكيمياوي كما قسمها بلور Bloor إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي اللبيدات البسيطة simple lipids اللبيدات المركبة compound lipids واللبيدات لمشتقة derived lipids .

أولا: **اللبيدات البسيطة**: وهي استرات الأحماض الدهنية مع الكحولات المختلفة وهي تشمل:

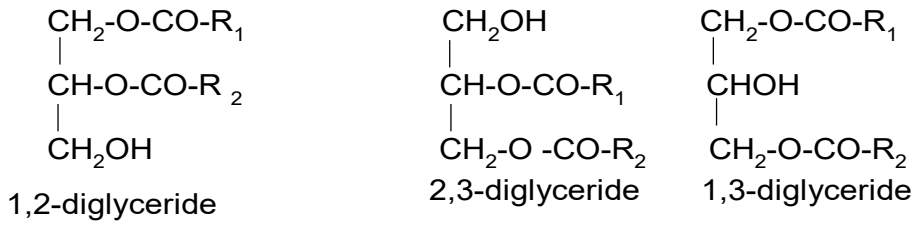
1) الدهون fats والزيوت oils: وهي استرات الأحماض الدهنية مع الكلسيرول وتتضمن الدهون والزيوت المتعادلة neutral lipids الذي تتمثل في الكلسيريدات glycerides، ايثرات الكلسيريل glyceryl ethers. ان الدهون أو الزيوت وتتكون بالدرجة الرئيسية من كلسيريدات ثلاثية مختلطة وكميات قليلة من الكلسيريدات الأحادية والثنائية مع أو بدون كمية قليلة من الأحماض الدهنية الحرة. الكلسيريدات الثلاثية تتكون من اتحاد ثلاث أحماض دهنية مختلفة مع كلسيرول مكونا كلسيريد ثلاثي triglycerides أو triacylglycerol وتعد الكلسيريدات الثلاثية استرات للأحماض الدهنية أحادية مجموعة الكربوكسيل.

تقسيم الكليسيريدات حسب عدد الأحماض الدهنية المرتبطة بها وتشمل:

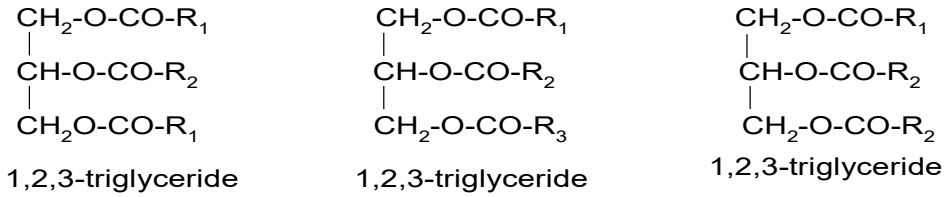
a) الكلســـيريدات الأحادية monoglycerides : وهي الكلســـيريدات المتكونة من ارتباط مجموعة هيدروكســيل واحدة من مجاميع الهيدروكســيل في جزيئة الكلســيرول مع جزيئة واحدة من الأحماض الدهنية.

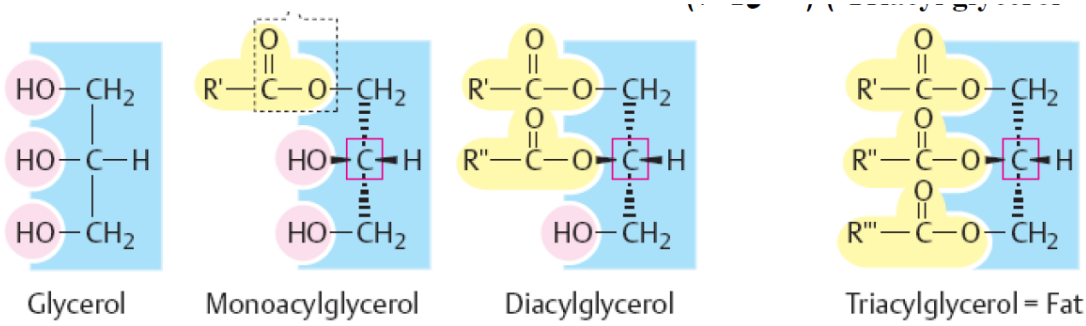


b) الكلســـيريدات الثنائية diglycerides : وهي الكلســـيريدات التي تتكون من اتحاد مجموعتي هيدروكســـيل من جزيئة الكلســـيرول مع جزيئتين من الأحماض الدهنية من نوع واحد هو نوعين مختلفين.

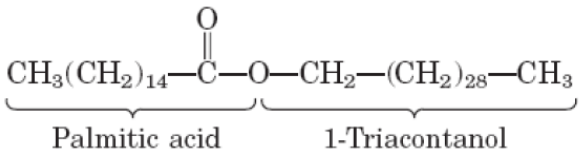


c) الكلســـيريدات الثلاثية triglycerides : هي تتكون من ارتباط المجاميع الهيدروكســـيلية الثلاثة في الكليسيرول مع ثلاثة أحماض دهنية من نوع واحد أو من عدة أنواع مختلفة.



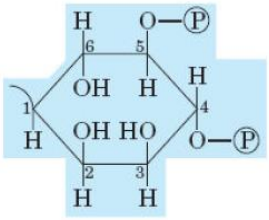
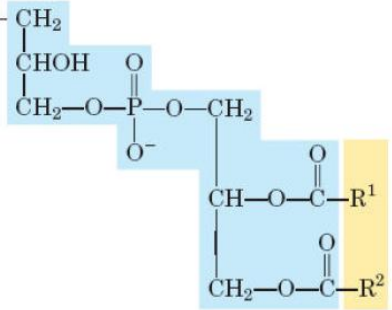


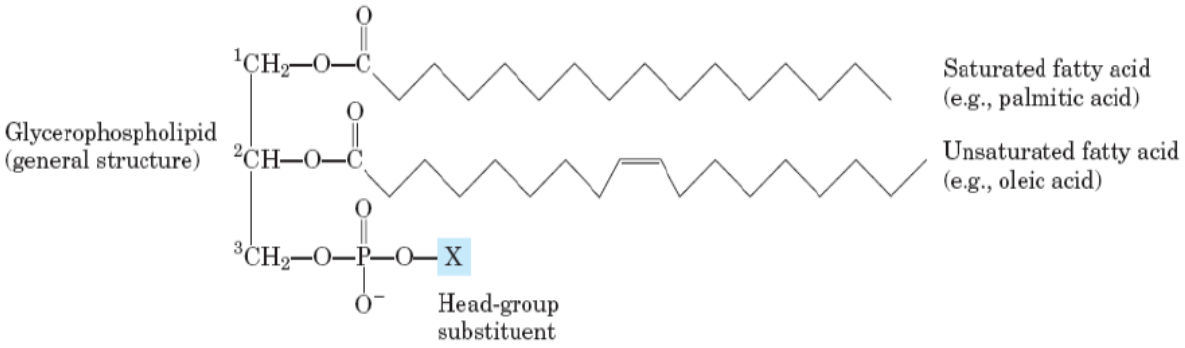
2) الشموع waxes : وهي استرات الأحماض الدهنية مع كحولات أحادية مجموعة الهيدروكسيل طويلة السلسلة وتشمل أيضا استرات الكولسترول مع الأحماض الدهنية واسترات غير ستيرولية مثل استرات فيتامين A وفيتامين D



ثانيا: اللبيدات المركبة Compound lipids : وهي استرات أحماض دهنية مع كحولات بشكل استر مع مجاميع أخرى غير دهنية وتشمل:

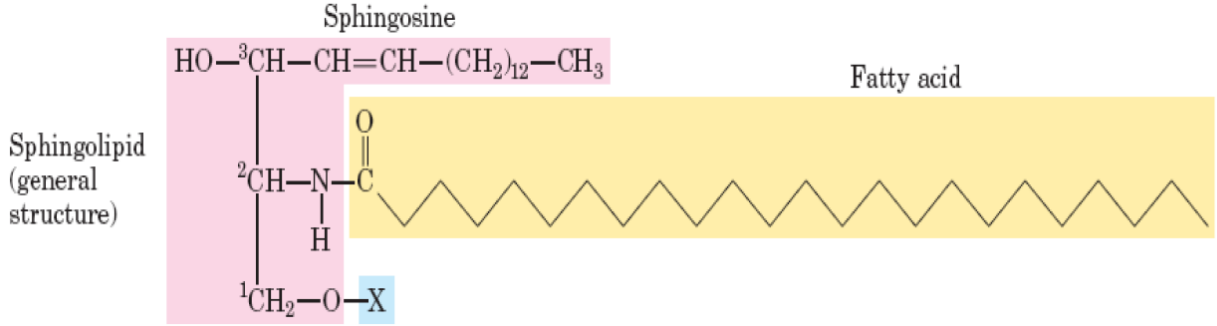
أ- الفوسفوليبيدات : والذي تتميز بوجود جزيء اورثوفوسفيت وتشمل حامض الفوسفاتيديك phosphatidic acid ، الفوسفاتيديل سيرين phosphatidyl serine ، الفوسفاتيديل كولين phosphatidyl choline ، الفوسفاتيديل ايثانول أمين phosphatidyl ethanolamine ، الفوسفاتيديل اينوسيتول phosphatidyl inositol والبلازمالوجينات plasmalogens .

Name of glycerophospholipid	Name of X	Formula of X	Net charge (at pH 7)
Phosphatidic acid	—	— H	−1
Phosphatidylethanolamine	Ethanolamine	— $CH_2—CH_2—\overset{+}{N}H_3$	0
Phosphatidylcholine	Choline	— $CH_2—CH_2—\overset{+}{N}(CH_3)_3$	0
Phosphatidylserine	Serine	— $CH_2—CH(COO^-)—\overset{+}{N}H_3$	−1
Phosphatidylglycerol	Glycerol	— $CH_2—CH(OH)—CH_2—OH$	−1
Phosphatidylinositol 4,5-bisphosphate	*myo*-Inositol 4,5-bisphosphate		−4
Cardiolipin	Phosphatidyl-glycerol		−2

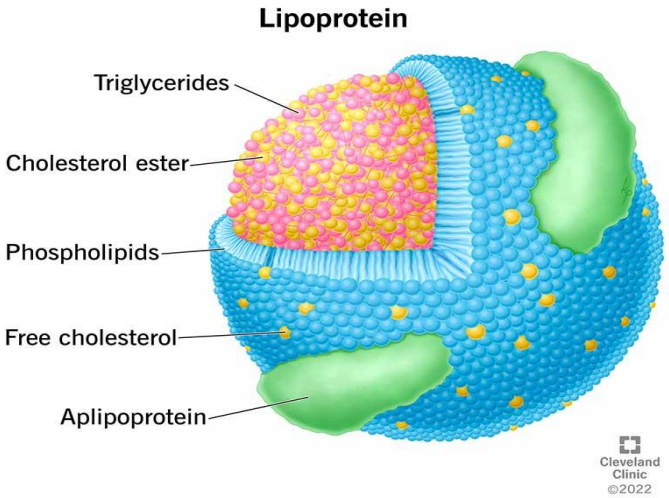


الشكل العام للدهون المفسفرة.

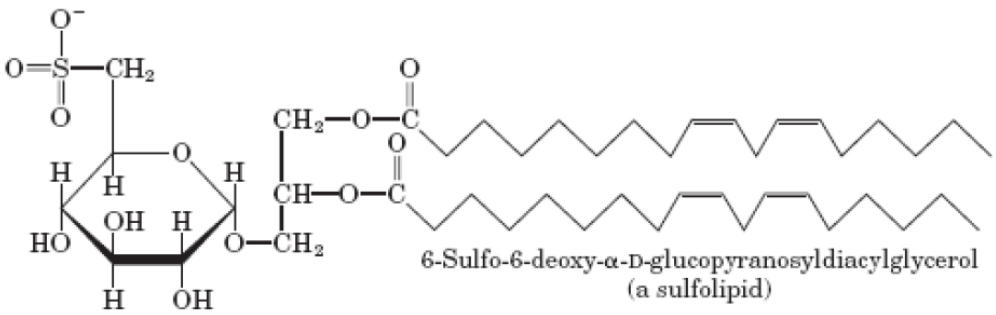
ت- السـفنجوليبيات sphingolipids : وتشـمل السـيربروسـيدات cerebrosides ، السـيرامايدات ceramides ، السفنجوميلينات sphingomyelins



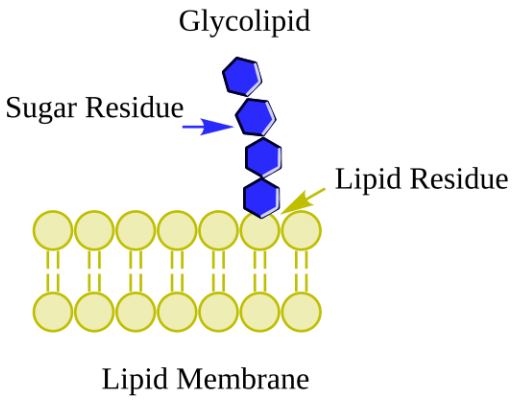
ث- البروتينات الدهنية lipoproteins : هي جزيئات دائرية تتكون من الدهون (الليبيدات) والبروتينات، وتلعب دورًا حيويًا في نقل الدهون والكوليسترول في مجرى الدم إلى خلايا الجسم. توجد أنواع مختلفة من البروتينات الدهنية، ولكل منها وظيفة محددة، وبعضها قد يكون له آثار ضارة على صحة القلب إذا كانت مستوياتها غير طبيعية.



ج- اللبيدات الكبريتية sulpholipids : هي مركبات عضـــوية تحتوي على الكبريت، وتعتبر نوعًا من الليبيدات (الدهون) وتتميز هذه الليبيدات بوجود ذرة كبريت واحدة أو أكثر مرتبطة بســـلاســـل هيدروكربونية، وتلعب أدوارًا مهمة في العمليات البيولوجية المختلف



ح- اللبيـدات الكربوهيـدراتيـة (Glycolipids): هي نوع من الـدهون (الليبيـدات) التي تحتوي على كربوهيدرات مرتبطة بها . تُعرف أيضًا باسم الدهون السكرية أو الشحوم السكرية .هذه الكربوهيدرات مرتبطة برابطة تسـاهمية (غليكوسـيدية) بجزء الدهون .تلعب الجليكوليبيدات دورًا هامًا في اسـتقرار الغشاء الخلوي، وتسهيل التعرف الخلوي، والمشاركة في الاستجابة المناعية، والتواصل بين الخلايا.



ثالثا: اللبيدات المشتقة: وهي مركبات مشتقة من المجاميع السابقة نتيجة تحللها مائيا وهي تشمل الأحماض الـدهنـيـة الـحـرة free fatty acids، الـكـلسـيـرول glycerol، السـتـيـرويـدات steroids ، الكـاروتينويـداتcarotenoids، الفيتـامينـات الـذائبـة بـالـدهن fat soluble vitamins ، الكحولات، الهيدروكربونات، الترببات، اللايزوسومات والأجسام الكيتونية.

الأحماض الدهنية Fatty acids

عبارة عن أحماض كربوكسيلية لديها سلسلة أساسية أليفاتية طويلة وغير متفرعة، والتي يمكن أن تكون إما مشبعة أو غير مشبعة. يمكن اعتبار الأحماض الكربوكسيلية ذات سلسلة قصيرة مثل حمض البوتيريك (حمض الزبدة) (4 ذرات كربون) كحمض دهني، في حين أن الأحماض الدهنية المشتقة من الدهون والزيوت الطبيعية تحوي غالبا على الأقل 8 ذرات كربون مثل حمض الكابريليك (حمض الأوكتانويك). تكون أغلب الأحماض الدهنية الطبيعية على عدد زوجي من ذرات الكربون، لأن الاصطناع الحيوي لها يتضمن Acetyl–CoA الذي هو عبارة عن تميم Coenzyme يحمل مجموعة (زمرة) لها ذرتي كربون.

جدول يوضح الأحماض الدهنية المشبعة الأكثر شيوعا في الطبيعة.

الاسم الشائع	الصيغة الجزيئية	التركيب البنائي	الاسم النظامي	الاسم العام
حامض الخليك	$C_2H_4O_2$	CH_3COOH	n–ethanoicacid	Acetic acid
حامض البروبيونيك	$C_3H_6O_2$	CH_3CH_2COOH	n–propanoic acid	Propionic acid
حامض البيوتريك	$C_4H_8O_2$	$CH_3(CH_2)_2COOH$	n–butanoic acid	Butyric acid
حامض كابروييك	$C_6H_{12}O_2$	$CH_3(CH_2)_4COOH$	n–hexanoic acid	Caproic acid
حامض كابريليك	$C_8H_{16}O_2$	$CH_3(CH_2)_6COOH$	n–octanoic acid	Caprylic acid
حامض البلاركونيك	$C_9H_{18}O_2$	$CH_3(CH_2)_7COOH$	n–nonanoic acid	Pelargonic acid
حامض الكابريك	$C_{10}H_{20}O_2$	$CH_3(CH_2)_8COOH$	n–decanoic acid	Capric acid
حامض الليوريك	$C_{12}H_{24}O_2$	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	n–dodecanoic acid	Lauric acid
حامض الميرستيك	$C_{14}H_{28}O_2$	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	n–tetradecanoic acid	Myristic acid
حامض البالمتيك	$C_{16}H_{32}O_2$	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	n–hexadecanoic acid	Palmitic acid
حامض الستياريك	$C_{18}H_{36}O_2$	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	n–octadecanoic acid	Stearic acid
حامض الاركيديك	$C_{20}H_{40}O_2$	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	n–eicosanoic acid	Archidic acid
حامض البيهينيك	$C_{22}H_{44}O_2$	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$	n–docosanoic acid	Behenic acid

Lignoceric acid	n-tetracosanoic acid	$CH_3(CH_2)_{22}COOH$	$C_{24}H_{48}O_2$	حامض لنكوسيريك
Cerotic acid	n-hexacosanoic acid	$CH_3(CH_2)_{24}COOH$	$C_{26}H_{52}O_2$	حامض سيروتيك
Montatanic acid	n-octacosanoic acid	$CH_3(CH_2)_{26}COOH$	$C_{28}H_{56}O_2$	حامض موناتانيك

جدول يوضح الأحماض الدهنية غير المشبعة الشائعة في الطبيعة.

1. $CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7COOH$ palmitoleic acid C16:1 Δ^9
2. $CH_2=CH(CH_2)_7COOH$ Caproleic acid C10:1 Δ^9
3. $CH_3CH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$ Lauroleic acid C12:1 Δ^9
4. $CH_3(CH_2)_3CH=CH(CH_2)_7COOH$ Myristoleic acid C14:1 Δ^9
5. $CH_3(CH_2)_6CH=CH(CH_2)_3COOH$ Physeteric acid C14:1 Δ^5
6. $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$ Oleic acid C18:1 Δ^9
7. $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$ Elaidic acid C18:1 Δ^9
8. $CH_3(CH_2)_{10}CH=CH(CH_2)_4COOH$ Petroselenic acid C18:1 Δ^6
9. $CH3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_9COOH$ Vaccinic acid C18:1 Δ^{11}
10. $CH_3(CH_2)_4$ $CH=CH(CH_2)_{10}COOH$ Vaccernic acid C18:1 Δ^{12}
11. $CH_3(CH_2)_9CH=CH(CH_2)_7COOH$ Godoleic acid C20:1 Δ^9
12. $CH_3(CH_2)_8CH=CH(CH_2)_9COOH$ Getoleic acid C22:1 Δ^{11}
13. $CH_3(CH_2)_6CH=CH(CH_2)_{11}COOH$ Erucic acid C22:1 Δ^{13}
14. $CH_3(CH_2)_6CH=CH(CH_2)_{13}COOH$ Selacholeic acid C24:1 Δ^{15}
15. $CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$ Linoleic acid C18:2$\Delta^{9,12}$
16. $CH_3CH_2(CH=CHCH_2)_3$ $(CH_2)_6COOH$ Linolenic acid C18:3 $\Delta^{9,12,15}$
17. $CH_3(CH_2)_3(CH=CH)_3(CH_2)_7COOH$ eleostearic acid C18:3 $\Delta^{9,11,13}$
18. $CH_3CH_2CH=CHCH_2(CH=CHCH_2CH_2)_2COOH$ Moroctic acidC18:4 $\Delta^{4,8,12,15}$
19. $CH_3(CH_2)_2CH=CH(CH_2)_2$ $(CH=CHCH_2)_3CH_2COOH$
    Archidonic acid C20:4 $\Delta^{5,8,11,14}$

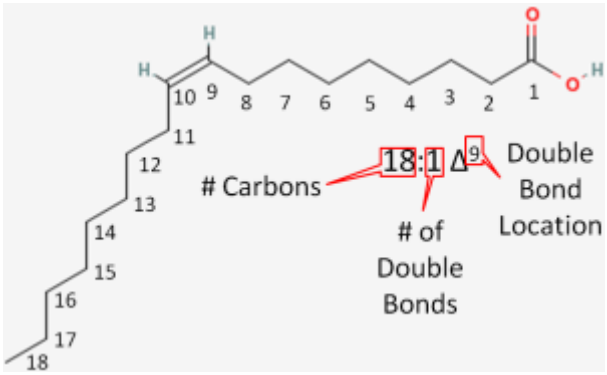
تسمية الأحماض الدهنية:

تُسمّى الأحماض الدهنية بناءً على طول السلسلة الكربونية وموقع الروابط المزدوجة فيها .يمكن استخدام نظامين رئيسيين للتسمية: نظام دلتا (Δ) ونظام أوميغا (ω).

نظام دلتا (Δ):

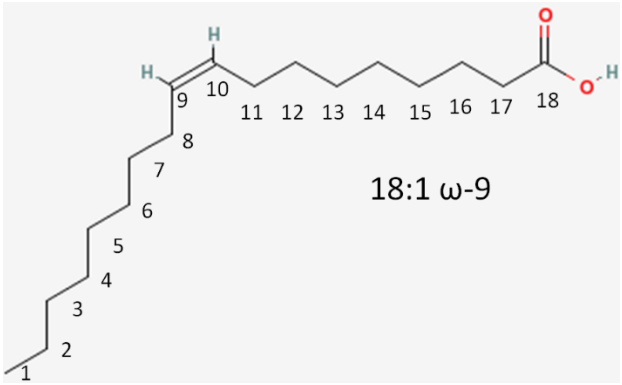
- يُشير إلى موقع الروابط المزدوجة في سلسلة الكربون من الطرف الكربوكسيلي (COOH).

- يُكتب الرقم قبل النقطتين للإشارة إلى عدد ذرات الكربون، والرقم بعد النقطتين للإشارة إلى عدد الروابط المزدوجة .
- تُستخدم علامة Δ متبوعة برقم يشير إلى موضع الرابطة المزدوجة .
- مثال: حمض اللينوليك (Δ9,12 18:2) يعني أن لديه 18 ذرة كربون ورابطتين مزدوجتين في الموقعين 9 و 12 من الطرف الكربوكسيلي .



نظام أوميغا (ω):

- يُشير إلى موقع أول رابطة مزدوجة من الطرف الميثيلي (CH3).
- يُكتب الرقم قبل النقطتين للإشارة إلى عدد ذرات الكربون، والرقم بعد النقطتين للإشارة إلى عدد الروابط المزدوجة، ثم يتبعه –ω أو –n ثم رقم موقع أول رابطة مزدوجة .
- مثال :حمض اللينوليك (ω–6 18:2) او (n–6 18:2) يعني أن لديه 18 ذرة كربون ورابطتين مزدوجتين، وأن أول رابطة مزدوجة تقع على الكربون السادس من الطرف الميثيلي



الإنزيمات ENZYMES

تحدث في الخلايا الحية أعداد هائلة من التفاعلات الكيميائية تؤدي إلى النمو والتكاثر والحركة. ونتيجة لهذه التفاعلات الكيميائية تتحول المركبات البسيطة إلى عدد كبير من المركبات الحيوية الضرورية لقيام الخلية بوظائفها، ولبناء الخلية، وتزويدها بالطاقة اللازمة للقيام بوظائفها وبناء المركبات المعقدة. تمتاز هذه التفاعلات الكيميائية الخلوية بأنها تتم بسرعة مناسبة في ظروف الخلية المعتدلة من حيث درجة الحرارة والحموضة (pH)، كما إنها تتوقف أو تتباطأ عندما تنتفي حاجة الخلية إلى نواتجها. حيث تحدث هذه التفاعلات في الخلية بفضل عدد كبير من المحفزات وهي ما تعرف بالإنزيمات.

تعريف الانزيمات:

هي عوامل مساعدة حيوية تعمل على تسريع معدلات التفاعلات الكيميائية، وهي ذات تركيب بروتيني عالي الوزن الجزيئي، وكغيرها من البروتينات فإن الإنزيم يتألف من اتحاد عدد كبير من الأحماض الأمينية تكون فيما بينها سلسلة أو أكثر من عديد الببتيد.

تحوي الخلية الحية ما يقارب 1000 من الأنزيمات المختلفة تعمل بدرجة عالية من التخصص على جزيء معين أو مجموعة جزيئات تنتمي لعائلة واحدة

اغلب الأنزيمات تعمل داخل الخلية المنتجة لها وتسمى Intracellular أو إنها تعمل خارج الخلايا وتسمى extracellular، مثل أنزيمات الهضم، كما في أنزيم اللايبيز الذي يفرز من البنكرياس وينتقل إلى الأمعاء الدقيقة حيث يقوم بتحليل الدهون.

يحتوي الأنزيم على موقع فعال Active site يوافق تماماً الجزيء الذي يعمل عليه الأنزيم توافقاً يشبه توافق القفل والمفتاح، وتسمى المادة التي يعمل عليها الأنزيم المادة الأساس **Substrate**.

بعض الأنزيمات تتألف من سلاسل بروتينية ومكونات أخرى يحتاجها الأنزيم لفعاليته وتسمى العوامل مساعدة:

1. عوامل مساعدة عضوية يمكن فصلها من الأنزيم تسمى Co-enzyme
2. عوامل مساعدة مرتبطة ارتباطا شديدا بالجزء البروتيني فلا يمكن فصلها بواسطة الفرز الغشائي وتسمى Co-factor وقد تكون فلز من الفلزات مثل:

- الحديد الذي في تركيب أنزيمات مثل Peroxidase و Katalase
- النحاس الذي في تركيب أنزيم Ascorbic acid oxidase
- الزنك الذي في تركيب أنزيم Carbonic anhydrase

وتحتاج بعض الأنزيمات أحياناً لكلا النوعين. الأيونات الفلزية والجزيئات العضوية المعقدة.

صفات Co-enzyme:

1- عادة تشتق من مكونات لا تستطيع اللبائن تصنيعها مثل الفيتامينات مثلا NAD يدخل في تركيبه فيتامين النياسين (B3) بينما FAD يدخل في تركيبه فيتامين الرايبوفلافين B12.

2- سهلة الانفصال عن الجزء البروتيني من الأنزيم.

3- ثابتة عضوية التركيب.

4- توجد في وسط التفاعل بعيدة عن الجزء البروتيني ولا يتم ارتباطها إلا عند بدء التفاعل الأنزيمي.

5- قد يستخدم مرافق أنزيمي واحد كمرافق أنزيمي لعدة أنزيمات مختلفة وفي هذه الحالة فان الجزء البروتيني هو الذي يحدد نوع التفاعل الذي يقوم به الأنزيم.

تصنيف الإنزيمات وتسميتها

- عندما عرفت الإنزيمات أعطيت أسماء بسيطة مشتقة من طبيعة عملها أو مكان وجودها مثل إنزيم الببسين الهاضم للبروتين
- ثم اشتق اسم الإنزيم من مادة التفاعل(الهدف) مع إضافة (آز) (ase)

  مثل انزيم الليبيز (lipase) الذي يعمل على الليبيدات(lipid)

  إنزيم اليوريز الذي يفكك اليوريا إلى امونيا وثاني لأكسيد الكربون

وبسبب اكتشاف المزيد من الإنزيمات تم وضع الاتحاد الدولي للكيمياء الحيوية عام 1961 نظام خاص للتسمية حيث يعطى لكل إنزيم اسم خاص مؤلف من اسم الهدف ونوع التفاعل مع إضافة المقطع (آز)

وقسمت بموجب هذا النظام إلى ستة أنواع رئيسية: -

1) **إنزيمات الأكسدة والاختزال Oxidoreductases:** وهي تقوم بنقل الإلكترونات من مادة الهدف إلى أخر فتؤكسد الأولى وتختزل الثانية مثل Oxidases و Dehydrogenases
2) **إنزيمات النقل Transferases :** وتشمل جميع الإنزيمات التي تعمل على نقل مجموعة كيميائية من هدف إلى أخر مثل الإنزيمات التي تنقل مجموعة الفوسفات من ATPإلى الجلوكوز.
3) **إنزيمات التحلل المائي Hydrolases:** وهي تقوم بتحطيم بعض الروابط بإضافة الماء، ومنها الإنزيمات التي تعمل على تميؤ الروابط الجلايكوسيدية والإسترية والببتيدية مثل إنزيم Amylase و. Sucrase
4) **إنزيمات الفصل أو الحذف Layases:** تعمل على نزع مجموعة كيميائية من المادة الهدف دون إضافة الماء، حيث يحل محل ذرات المجموعة المنزوعة رابطة مزدوجة مثل فصل مجموعة الأمين في صورة أمونيا

5) **إنزيمات التشكل Isomerases:** وتشمل جميع الإنزيمات التي تعمل على تحويل المادة الهدف إلى متشكل آخر مثل تحول الجلوكوز-6 فوسفات إلى فركتوز 6- فوسفات بواسطة إنزيم فوسفوهيكسوزايزومريز phosphohexose isomerase

6) **إنزيمات الإرتباط Ligases:** وتشمل جميع الإنزيمات التي تعمل على إنشاء رابطة جديدة من مركبين مختلفين، وتعتمد في ذلك على الطاقة المختزنة في جزيء أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP مثل إنزيم RNA ligase الذي يعمل في بناء البروتين في الخلية.

التحفيز CATALYSIS

التحفيز مصطلح يطلق على كل العمليات التي تؤدي فيها إضافة مادة ما إلى زيادة معدل التفاعل الكيميائي. ويعرف **العامل الحفاز (عامل الحفز)** بأنه المادة التي تساعد على زيادة سرعة التفاعل دون أن يحدث لها تغير كيميائي

الطرق الرئيسية التحفيز:

زيادة درجة الحرارة

إضافة مادة حافزه تؤدي إلى زيادة معدل التفاعل الكيميائي بالتقليل من طاقة التنشيط اللازمة لحدوث التفاعل

تقسيم المحفزات

1) محفزات حيوية: لها تركيب كيميائي محدد هو التركيب البروتيني، على درجة خصوصية عالية، تتأثر بالحرارة
2) محفزات كيميائية: لها تراكيب مختلفة فأما أن تكون ايونات، فلزات، أملاح أو أي مركبات أخرى، تحفز العديد من التفاعلات، لا تتأثر بالحرارة

خصوصية المادة الأساس بالنسبة للأنزيمات

- هناك انزيمات لها تخصص مطلق لمادة أساس معينه ولا يعمل على اي مواد أخرى حتى في حالة تشابه جزيئتها الكبيرة من أمثلتها fumarase و succinate dehydrogenase
- أنزيمات ذات تخصصة نسبية: (خصوصية لمجموعة معينة في مركبات مختلفة) مثال lipaseيحلل أصرة الاستر في الزيوت والدهون تحللا مائيا بغض النظر عن نوع الأحماض الدهنية المرتبطة بالكليسرين.

- أنزيمات ذات خصوصية نوعية بالنسبة الى متشابهات فراغية: مثل D-amino acid oxidase يعمل على D-amino acid بينما L-amino acid oxidase الأحماض الامينية نوع L .
- أنزيمات ذات خصوصية نوعية تركيبية: مثل carboxypeptidase يحلل الآصرة الببتيدية المجاورة للنهاية الكربوكسيلية الحرة فيتحرر الحامض الاميني الطرفي.

خواص الموقع الفعال

لكل أنزيم تركيب خاص ودقيق، يميزه عن غيره يدعى بالمركز النشط يتم عنده ارتباط المادة الأساس.

في كل أنزيم مركز منشط أو أكثر مسؤول عن قيام الأنزيم بعمله حيث يتلاءم الموقع الفعال هذا مع نوع مادة الأساس (substrate) التي يعمل عليها الأنزيم، حيث ترتبط المادة الأساس في هذا المكان.

المركز الفعال لا يكون إلا قسما قليلا نسبيا من الحجم الكلي للأنزيم

المركز الفعال ذو كيان مجسم ثلاثي الأبعاد.

بالبداية ترتبط مادة الأساس بالأنزيم فيتكون مركبا "معقدا" مؤقتا (Enzyme-Substrate Complex). ثم يتحلل المركب المعقد المؤقت ليكون نواتج ويتحرر الأنزيم

ميكانيكية الفعل الإنزيمي

الخطوة الأولى:

في أي تفاعل إنزيمي يرتبط الإنزيم (E) مع المادة الهدف (S) مكونا معقد يسمى الإنزيم والهدف(ES)

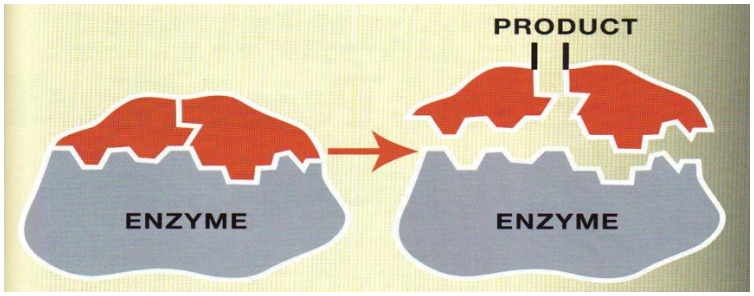
$$E + S \longrightarrow ES$$

- ويتم هذا الارتباط على موقع معين في تركيب الإنزيم يسمى الموقع النشط أو الفعال Active site
- ويتم الارتباط بين الهدف والإنزيم بمشاركة مجموعة من القوى الضعيفة مثل الروابط الهيدروجينية والأيونية.

الخطوة الثانية:

يتحلل المعقد ويكون نواتج التفاعل ويتحرر الإنزيم

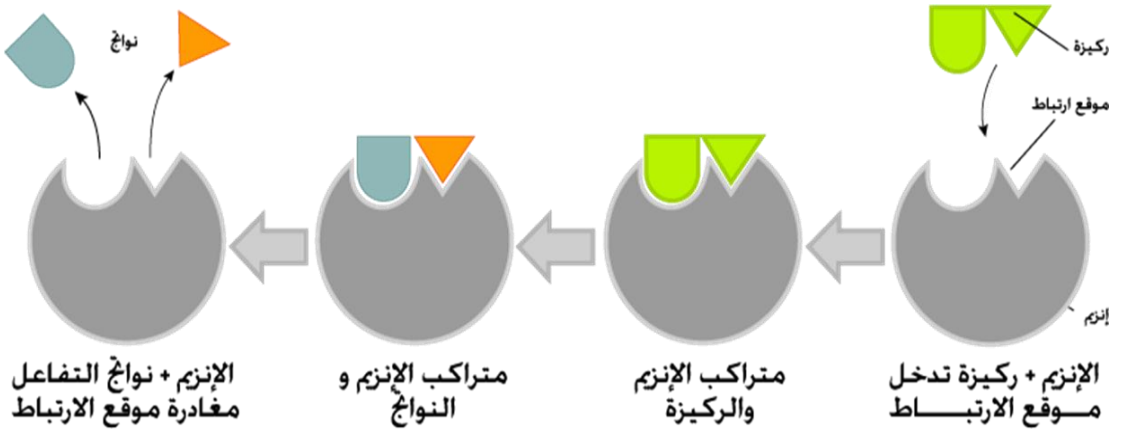
$$ES \longrightarrow E + P$$



الفرضيات

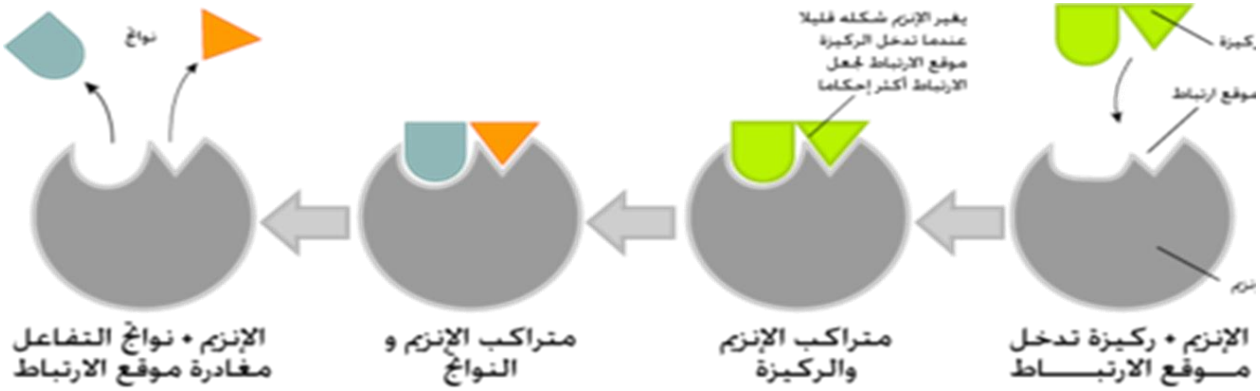
1. فرضية القفل والمفتاح

وضعت هذه الفرضية من قبل اميل فيشر لتفسير اصطفائية الأنزيمات حيث افترض ان موقع الارتباط في الأنزيم يشابه دور القفل الذي لا يفتحه إلا مفتاح مخصص له ينطبق شكله على متطلبات هذا القفل، وهذا ما يؤدي إلى ان جزيئات معينة فقط تستطيع الارتباط بالإنزيم في موقع ارتباطه التفاعلي لتخضع للتفاعلات التي ينجزها الأنزيم.



2. فرضية التلائم المحرض

اقترح كوشلاند فرضية معدلة عن فرضية القفل والمفتاح آخذا بعين الاعتبار حركية الجزيئات البروتينية، حيث افترض أن السلاسل الببتيدية في موقع الارتباط تستطيع أن تغير مواقعها لتلائم ارتباط بعض الأهداف، كما إن هذه السلاسل الببتيدية تأخذ في شكلها الجديد وضعية تسهل عملها التحفيزي مما يؤدي إلى إنجاز التفاعل الكيميائي المطلوب.



العوامل المؤثرة على سرعة التفاعلات الأنزيمية

1- درجة الحرارة:

الأنزيمات حساسة لدرجة الحرارة فعند درجة الصفر يقف عمل الأنزيم تماما ويمكن أن يستعيد نشاطه مرة أخرى تدريجيا برفع درجة الحرارة. ويصل نشاط الانزيم إلى ذروته عند درجة الحرارة تتراوح بين 37-40 (درجة حرارة الجسم) وينخفض نشاط برفع درجة الحرارة. كما ينخفض نشاط الأنزيم بالتسخين حيث يفقد فاعليته تماما عند درجة الغليان وذلك لتغير طبيعة الأنزيم.

2- تأثير مستوى حموضة الوسط pH:

لكل أنزيم درجة حموضة pH مناسبة يكون نشاطه عندها أكبر ما يمكن ويقل نشاطه إذا تغير درجة pH ارتفاعا أو انخفاضا وذلك لما يطرأ على الأنزيم من تغير وذلك لتغيير شحنة الأحماض الامينية المكونة لسلسلة البروتين والتي تشارك في ربط المواد المتفاعلة بمركز نشاط الأنزيم.

3- تأثير تركيز مادة التفاعل على سرعة التفاعل:

تزيد سرعة التفاعل طرديا بزيادة تركيز المواد المتفاعلة حتى تصل إلى سرعة معينة لا تزيد بعدها سرعة التفاعل مهما زاد تركيز المواد المتفاعلة وتسمى هذه السرعة بالسرعة القصوى.

4- تأثير تركيز الأنزيم على سرعة التفاعل:

هناك علاقة طردية بين سرعة التفاعل وزيادة تركيز الأنزيم بوجود زيادة من المادة المتفاعلة فإن زيادة نسبة الأنزيم يزيد من سرعة التفاعل، وذلك بشكل مطلق طالما وجدت مادة التفاعل.

5- تأثير وجود مثبطات:

يقصد بالمثبطات مركبات يترتب على وجودها انخفاض في نشاط الأنزيم وفي بعض الأحيان توقف نشاط الأنزيم كلية. وتنقسم لنوعين:

أولا: النوع الأول له تأثير مؤقت على النشاط الأنزيمي حيث يستعيد الأنزيم نشاطه بعد زوال المثبط competitive

ثانيا: مثبطات لها تأثير دائم على الأنزيم فلا يستعيد الأنزيم نشاطه بزوال تأثير المثبط Non-Competitive

الفيتامينات Vitamin

الفيتامينات هي مركبات عضوية يحتاجها الجسم بكميات محدودة لأداء وظائفه الحيوية المختلفة، مثل دعم جهاز المناعة، والمساعدة في الرؤية، والحفاظ على صحة الجلد والعظام والأسنان.

أهم وظائف الفيتامينات :

1) **دعم وظائف الجسم:** الفيتامينات ضرورية لعمليات الأيض، وإنتاج الطاقة، وتكوين الخلايا والأنسجة، وتنظيم الهرمونات .
2) **تقوية جهاز المناعة:** تساعد بعض الفيتامينات، مثل فيتامين سي وفيتامين د، في تعزيز وظائف الجهاز المناعي للدفاع عن الجسم ضد الأمراض والعدوى .
3) **الحفاظ على صحة الجلد والأنسجة:** فيتامينات مثل فيتامين أ وفيتامين سي ضرورية لصحة الجلد والأغشية المخاطية، وتساعد في التئام الجروح .
4) **دعم صحة العظام والأسنان:** فيتامينات مثل فيتامين د وفيتامين ك ضرورية لامتصاص الكالسيوم والحفاظ على صحة العظام والأسنان .
5) **المساعدة في الرؤية:** فيتامين أ ضروري للرؤية، خاصة في الإضاءة الخافتة .
6) **الوقاية من الأمراض:** بعض الفيتامينات، مثل فيتامين سي وفيتامين هـ، تعمل كمضادات للأكسدة وتحمي الخلايا من التلف الناتج عن الجذور الحرة، مما يقلل من خطر الإصابة ببعض الأمراض المزمنة .
7) **تكوين الهرمونات والإنزيمات:** تلعب الفيتامينات دورًا في تكوين الهرمونات والإنزيمات التي تنظم العديد من العمليات الحيوية في الجسم

تصنيف الفيتامينات Vitamin Classification

تصنف الفيتامينات على حسب نشاطها البيولوجي والكيميائي الى:

1. فيتامينات ذائبة في الماء: مجموعة فيتامين B وفيتامين C.
2. فيتامينات ذائبة في الدهن : A و D و E و K.

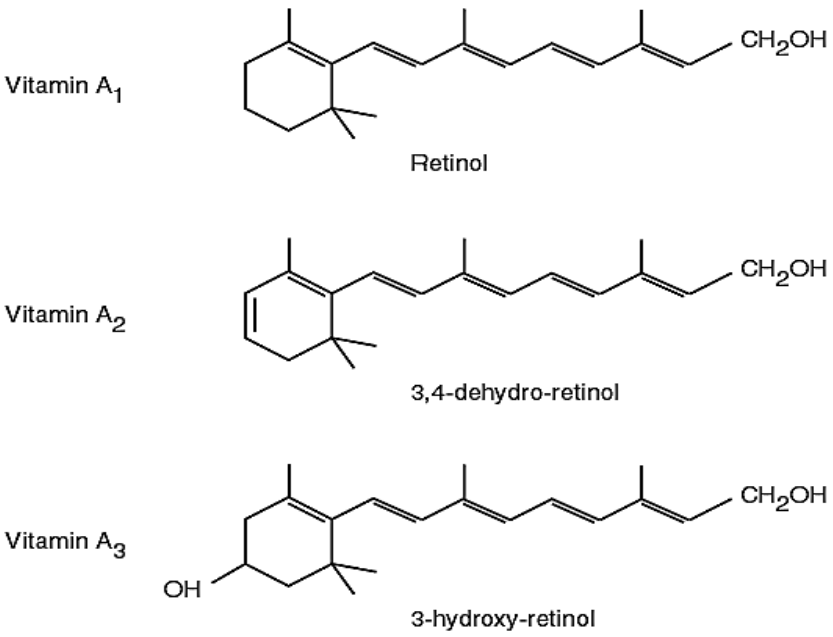
الفيتامينات الذائبة في الدهن:

1. فيتامين A

لفيتامين A وظائف متعددة: فهو مهم للنمو والتنمية، ويحافظ على نظام المناعة والرؤية الجيدة. وهناك حاجة إلى فيتامين A من شبكية العين لتكوين الصورة في شبكية العين.

فيتامين A يمكن أن يتواجد في شكلين رئيسيين في الأطعمة:

1. الريتينول Retinols : يأتي من تناول الطعام من مصادر الغذاء الحيوانية، لونه اصفر ويذوب في الدهون. وتم العثور على الفيتامين في بعض الأنسجة في شكل من أشكال ريتنيل استر Retinyl– ester. ويتم إنتاجه تجاريا بشكل استرات او خلات الريتنيل Retinyl acetate او بشكل بالميتات Retinyl Palmitate .
2. الكاروتينات Carotenes : وهي انواع، ألفا كاروتين، بيتا كاروتين، غاما كاروتين و زانثوفيل وكريبتوزانتين Cryptoxanthin ، والشكل التالي يوضح تركيب بعض اشكال فيتامين A.

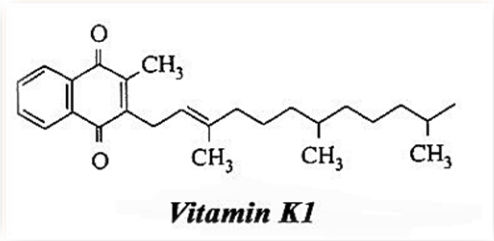


2. فيتامين K :

المركب الرئيس لمجموعة فيتامين K هو الميناديون Menadione (Vitamin K3) وعن طريق إضافة مجموعة الألكيل يتحول إلى الميناكينون menaquinone (Vitamin K2). الصيغة الرئيسة لفيتامين K في النباتات هي الفيلوكينون Phylloquinone. وهو يصنع في الأمعاء بواسطة البكتريا المعوية. فيتامين K يحتاج إلى امتصاص سليم للدهون في الجسم، حيث أن مشتقات الفيتامين الموجودة طبيعياً تمتص فقط في وجود أملاح الصفراء. الميناديون فقط هو الذي يمكن امتصاصه في غياب أملاح الصفراء لأنه قابل للذوبان في الماء. ويتم تخزين فيتامين K في الكبد وبشكل محدود ويقل تركيزه بسرعة.

وتتلخص اهميته الحيوية في :

1. يحتاج الجسم الى فيتامين K لغرض تصنيع مجموعة البروثرومبين prothrombin group (وهي من عوامل التخثر) في الكبد من بروتينات سابقة غير نشطة inactive precursor proteins.
2. يعمل فيتامين K كعامل مساعد في إضافة الكربوكسيل carboxylation إلى الكلوتامات في البروتينات المسئولة عن الآتي:
   a. تجلط الدم (مجموعة البروثرومبين , وبروتين سي C, وبروتين S , وبروتين Z).
   b. تكوين العظام (إضافة الكربوكسيل إلى الأوستيوكالسين osteocalcin).

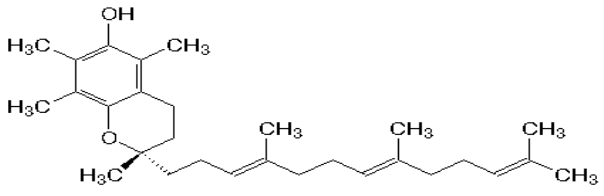


Vitamin K1

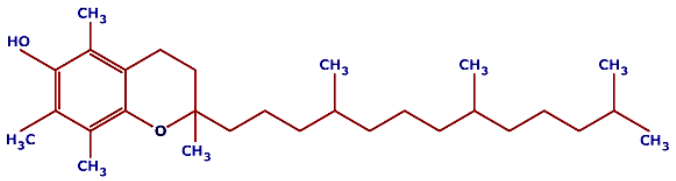
3. فيتامين E :

هو أحد المركبات التي تذوب في الدهون وتشمل كلا من توكوفرولات Tocopherol و توكوتريينولات Tocotrienol. فيتامين E يمنع أكسدة الأحماض الدهنية ذات الروابط غير المشبعة polyunsaturated fatty acids , ويمنع أكسدة الليبوبروتينات Lipoprotein قليلة الكثافة ولذلك فهو يقلل من احتمالات الإصابة بتصلب الشرايين atherosclerosis. وهو أيضاً يحمي الفوسفولبيدات في الأغشية الخلوية وتحت الخلوية phospholipids of cellular and subcellular membranes عن طريق منع أكسدة الأحماض الدهنية ذات الروابط غير المشبعة. وهذا التأثير المضاد للأكسدة في فيتامين E كفوء في تركيزات الأوكسجين العالية ولذلك فهو يتركز في كرات الدم الحمراء وأغشية الجهاز التنفسي والشبكية retina. ويتزايد الاحتياج لفيتامين E كلما زاد تناول الأحماض الدهنية ذات الروابط غير المشبعة.

Figure 10.11



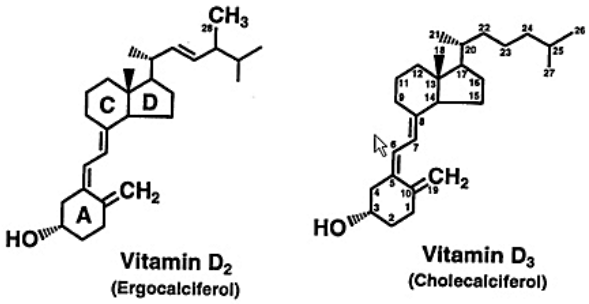
Tocotrienol Structure



Tocopherol

4. فيتامين D :

من مجموعة السيكوستروييد Secosteroid هي مجموعة من المركبات الكيميائية تتكون بشكل طبيعي مستمدة من الستروييدات, والتي تذوب في الدهون. يعتبر فيتامين D في البشر فريد من نوعه لأنه يمكن تناوله على أنه كوليكالسيفيرول Cholecalciferol (فيتامين D3) أو إركوكالسيفرول Ergocalciferol (فيتامين D2) ولأن الجسم يمكن أيضا أن يصنعها (من الكوليسترول) عند التعرض لأشعة كافية من الشمس سمي هذا الفيتامين بفيتامين أشعة الشمس.

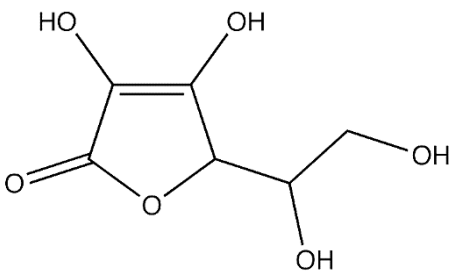


الفيتامينات الذائبة في الماء Soluble vitamins in the water

1. فيتامين C :

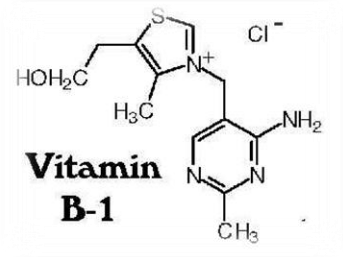
حامض الأسكوربيك أو فيتامين ج (Vitamin c) هو عبارة عن مسحوق أو بلورات بيضاء أو صفراء قليلاً، تسود تدريجياً بالضوء، تكون ثابتة نوعاً ما في الأوساط الجافة، لكنها تتأكسد بسرعة في المحاليل، وهي منحلة بسهولة في الماء، وقابلة للتحلل في الكحول، عديمة التحلل في الكلوروفورم والأيثر والبنزين.

حامض الاسكوربيك عامل مختزل ولهذا فهو مطلوب لحفظ المعادن في الحالة المختزلة مثل الحديد الثنائي Fe^{+2} والنحاس الثنائي Cu^{+2} وبذلك فهو يعزز امتصاص الحديد عن طريق إبقائه في الحالة المختزلة اللازمة لامتصاص الحديد. ويمكن أن يعمل حامض الأسكوربيك كمضاد للأكسدة عن طريق اختزال التوكوفيرول Tocopherols المتأكسد في الأغشية ومنع تكون النيتروزأمينات Nitrosamine أثناء الهضم. والشكل التالي يوضح تركيبه الكيمياوي.



2. فيتامين B1 :

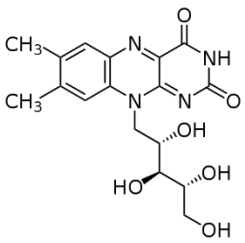
وهو الثيامين Thymine , الذي يكون من حلقة نتروجينية معقدة تحتوي على حلقة Pyrimidine مرتبطة مع Thiazol. والشكل التالي يوضح تركيبه الكيمياوي



الثيامين أو فيتامين B1 وهو من الفيتامنينات الحاوية على الكبريت S . قابل للذوبان في الماء. يسبب الآثار العصبية الضارة إذا لم يكن موجوداً في النظام الغذائي، وتشارك مشتقاته في العديد من العمليات الخلوية. مثلا بيروفوسفات الثيامين Pyrophosphate thymine (TPP)، وهو أنزيم يدخل في العمليات الايضية للسكريات والأحماض الأمينية. يستخدم الثيامين في التركيب الحيوي للناقل العصبي الأسيتيل كولين Acetylcholine. جميع الكائنات الحية تستخدم الثيامين، ولكن يتم تصنيعه فقط في البكتيريا، الفطريات، والنباتات. الحيوانات يجب الحصول عليه من نظامهم الغذائي، وبالتالي، بالنسبة لهم، هو المغذيات الأساسية.

3. فيتامين B2 Riboflavin

كان يسمى بأسماء عديدة وحسب المصدر المستخلص منه مثلا Ovoflavin اذا استخلص من البيض , او Uroflavin اذا استخلص من البول . وكان يسمى سابقا فيتامين G , وتم عزله لاول مرة في سنة 1917 – 1920 خلال عزل عوامل نمو مختلفة من الرز والخمائر وكان احد العوامل المعزولة. والشكل التالي يوضح تركيب الرايبوفلافين .

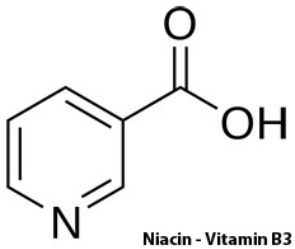


يعمل B2 مع مجموعة فيتامينات B الأخرى. هذا الفيتامين مهم لنمو الجسم وإنتاج خلايا الدم الحمراء، ويساعد على إطلاق الطاقة من الكربوهيدرات. وهو مهم لإنتاج الطاقة ووظائف الإنزيمات وتكوين الأحماض الأمينية والدهنية وإنتاج الكلوتاثيون Glutathione. وهو مستقر بالحرارة، يذوب في الماء ولا يذوب بالأسيتون ولا يتأثر بالكحول وبعض المذيبات العضوية، يتأثر بالضوء تأثرا كبيرا ويقل نشاطه في الوسط القاعدي.

4. فيتامين B3 Niacin

النياسين (ويعرف أيضاً بحامض النيكوتينيك Nicotinic acid) هو مركب عضوي صيغته الجزيئية C_6NH_5O، وهو أحد المواد الضرورية تواجدها في الغذاء، ونقصه يسبب مرض البلاغرة pellagra وهو مرض ينشأ من سوء التغذية. مركب النيكوتيناميد Nicotine amide هو الأميد المقابل للنياسين، ويمكن لكل منها التحول إلى الآخر، ولهذا يُعد شكلاً آخر لفيتامين B3. يرفع النياسين مستويات البروتينات الدهنية مرتفعة الكثافة HDL، ولذلك يُستخدم لتقليل خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية.

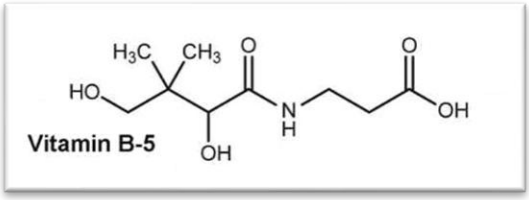
اهميته الحيوية في الصورة النشطة من النياسين هي الأدينين ثنائي النيوكليوتيد (+NAD) والأدينين ثنائي النيوكليوتيد فوسفات (+NADP) الموجودان في السيتوسول cytosol في معظم الخلايا , ويلعبان دور مهم كعوامل مساعدة للعديد من الإنزيمات النازعة للهيدروجين في السيتوسول الميتوكوندريا. وهذه الإنزيمات مثل لاكيتك ديهيدروجينيز lactate dehydrogenase ومالات ديهيدروجينيز malate dehydrogenase أساسية في أيض اللبيدات والكربوهيدرات والأحماض الأمينية. يمكن تصنيع النياسين من الحامض الأميني الأساسي. والشكل التالي يوضح تركيب B3



Niacin - Vitamin B3

5. فيتامين B5

هو حامض بانتوثينيك Pantothenic acid هو اسم فيتامين B5 المكون من اتحاد حامض بانتويك Pantoic acid مع بيتا الانين β– alanine. وهو موجود في معظم الأطعمة خاصةً في البقوليات والخضراوات والبيض واللحوم الحمراء وغذاء ملكات النحل. الحبوب الكاملة هي أيضاً مصدر جيد لهذا الفيتامين ولكن الطحن غالباً ما يزيل الكثير من حمض البانتوثنيك بما أنه موجود في الطبقات الخارجية من الحبوب الكاملة. ويمتص حامض البانتوثينيك في الأمعاء. والشكل التالي يوضح تركيبه الكيمياوي.

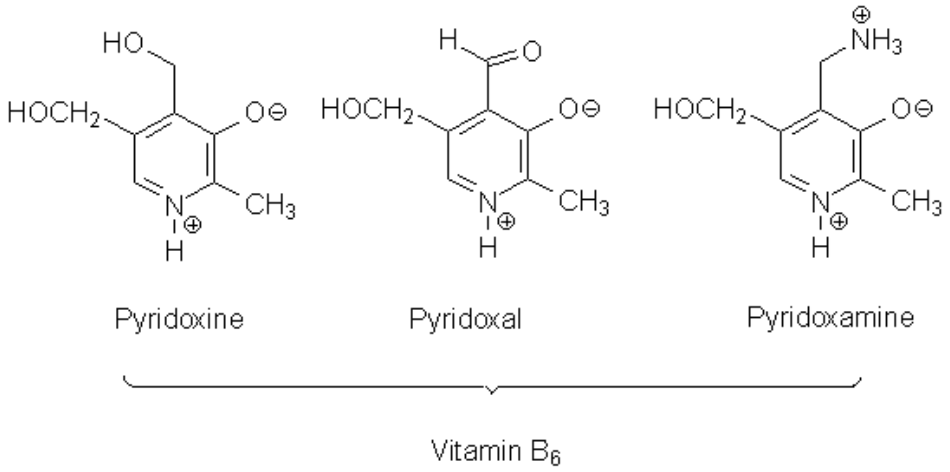


Vitamin B-5

6. فيتامين B6

فيتامين B6 يتكون من ثلاث مشتقات للبيريدين (البيريدين مركب عضوي له الصيغة C5H5N وهو من المركبات العطرية الحلقية غير المتجانسة. بنية البيريدين تتكون من حلقة سداسية غير مشبعة حاوية على ذرة نيتروجين) شبيهة ببعضها وهي بيريدوكسين Pyridoxine وبيريدوكسال Pyridoxal وبيريدوكسامين Pyridoxamine ومركبات الفوسفات الخاصة بهم. هذا الفيتامين يتوفر في الكبد وثمار الأفوكادو والماكريل واللحوم الحمراء والبيض والموز والخضراوات.

البيريدوكسامين Pyridoxamine النشط في الجسم هو بيريدوكسال فوسفات Pyridoxal phosphate وهو مهم لأيض الأحماض الأمينية (عمليات نزع الكربوكسيل) وتحليل الكلايكوجين لأنه يعمل كمساعد إنزيم للفوسفوريليز phosphorylase وبذلك يساعد على تحليل الكلايكوجين في العضلات. تسبب الزيادة او النقصان في هذا الفيتامين اختلال في الأعصاب الطرفية peripheral neuropathy. والشكل التالي يوضح تركيبه الكيمياوي.

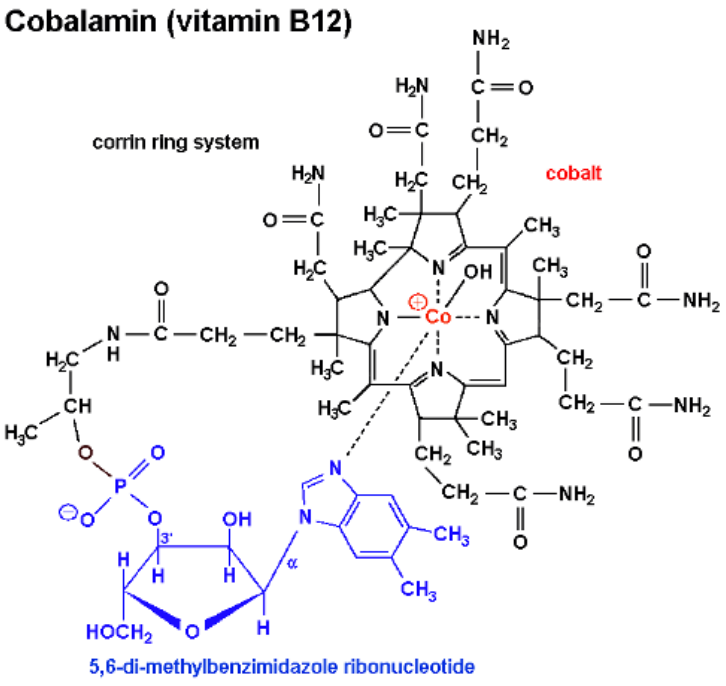


7. فيتامين B12

هو الكوبالامين Cobalamin أو فيتامين B12 هو فيتامين قابل للانحلال بالماء، وهو ذو أهمية للعمل الطبيعي للدماغ والجهاز العصبي، وله دور في تشكيل الدم. وهو من أصل حيواني مثل الكبد واللحوم الحمراء والدواجن. ,نقص هذا الفيتامين ينتج عادةً عن الفشل في امتصاصه وليس لنقصه في الغذاء.

تكمن اهميته الحيوية في تصنيع الحامض النووي الـ DNA حيث يستخدم في تكوين ثايميدين ثلاثي الفوسفات Thymidine Triphosphate وهو من وحدات بناء الـ DNA. ولهذا فالفيتامين مهم لإنضاج الكرات الدموية الحمراء وهو أيضاً مطلوب لتصنيع غلاف الميالين Myelin للألياف العصبية. وخلايا الغدد المعدية تفرز كلايكوبروتين Glycoprotein يرتبط بالفيتامين ليحميه من أن يُهضَم ويتم امتصاصه في نهاية اللفائفي

بمساعدة إنزيم التربسين. وكذلك يستخدم فيتامين B12 لتعديل نقص الهيموكلوبين لأنه يدخل في تركيب الخلايا الدموية الحمراء. والشكل التالي يوضح تركيبه الكيمياوي.



الأحمـــــــاض النووية Nucleic Acid

الأحماض النووية هي عبارة عن بوليمرت عضوية ذات جزيئات كبيرة نسبياً وذات أهمية بيولوجية قصوى.

تتكون من وحدات أساسية تسمى النيوكليوتيدات.

توجد هذه الأحماض في جميع الخلايا الحية في صورة طليقة أو متحدة مع البروتين، حيث لها أدوار رئيسية تقوم بها وهي حفظ المادة الوراثية ونقلها من جيل لآخر، كما أنها مسؤولة عن حمل وانتقال الصفات الوراثية وتتحكم أيضاً في ترجمة هذه الصفات عند تكوين البروتينات المختلفة بالخلايا وذلك **بتحكمها في ترتيب وتتابع الأحماض الأمينية لكل بروتين يتكون بكل خلية**، والأحماض النووية لها وزن جزيئي مرتفع.

أنواع الأحماض النووية (Kinds of Nucleic Acid):

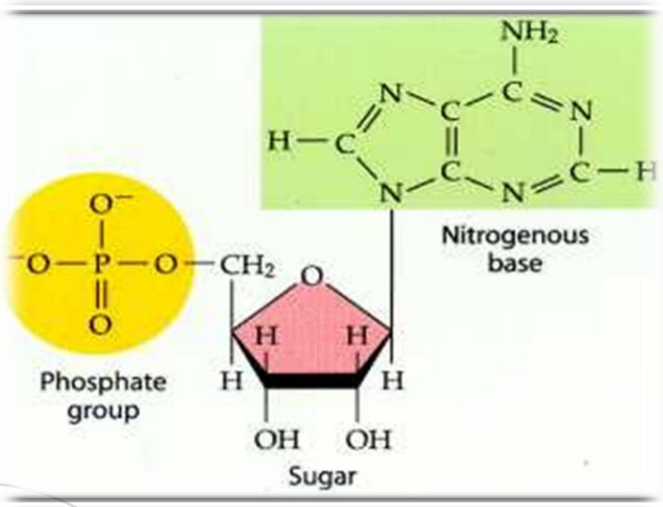
1. الحمض الرايبونيوكلتيدي Ribonucleic Acid ويرمز له (RNA) **رنا**
2. الحمض الديوكسي رايبونيوكلتيدي Deoxyribonucleic Acid ويرمز له (DNA) **دنا**.

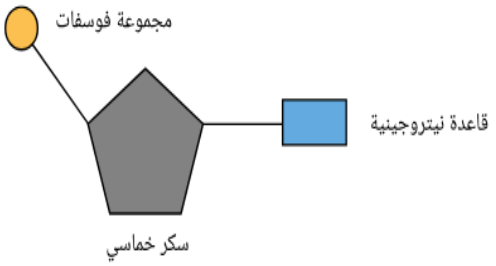
تحتوي معظم الكائنات الحية على كميات متفاوتة من الأحماض النووية بنوعيها (DNA, RNA)، بينما تحتوي الفيروسات على (DNA) فقط والبعض الآخر على (RNA) فقط.

- يوجد DNA في نواة الخلية وهو الذي تتكون منه الكروموسومات.
- يوجد RNA في سيتوبلازم الخلية ويتم تصنيعه داخل النواة بواسطةDNA

تركيب الأحماض النووية

الأحماض النووية، DNA وRNA، هي جزيئات حيوية أساسية مسؤولة عن تخزين ونقل المعلومات الوراثية . يتكون كلاهما من وحدات بناء تسمى النيوكليوتيدات، والتي تتألف من قاعدة نيتروجينية، وسكر خماسي، ومجموعة فوسفات





تركيب الحمض النووي (DNA):	تركيب الحمض النووي الريبوزي (RNA):
قاعدة نيتروجينية :الأدينين (A)، الجوانين (G)، السيتوزين (C)، أو الثايمين (T).	قاعدة نيتروجينية: الأدينين (A)، الجوانين (G)، السيتوزين (C)، أو اليوراسيل (U)
سكر خماسي :ديوكسي ريبوز	سكر خماسي: ريبوز
مجموعة فوسفات	مجموعة فوسفات

القواعد النيتروجينية

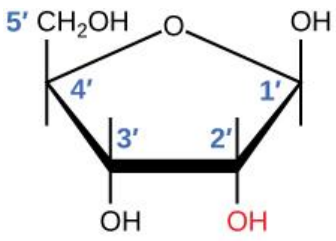
تتكون القواعد النيتروجينية من:

1) **بيورينات Purines** : وتتكون من حلقتين أحدهما سداسية والأخرى خماسية وتشمل قاعدتين هما: الأدنين Adinine ويرمز لهA و الجوانين Guanine ويرمز له G
2) **بيرميدينات Pyrimidines**: وتتكون من حلقة واحدة سداسية تحتوي على ذرتين من النيتروجين وتشمل السايتوسين "" Cytosin ويرمز له C ، والثيامين " " Thymine ويرمز له T، واليوراسيل "Uracil"ويرمز له U

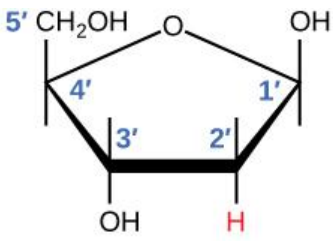
السكر الخماسي

السكر الخماسي: سكر يحتوي على خمس ذرات كربون وهناك نوعان اساسيان من السكر الذي يتركب منه الاحماض النووية:

- ✓ النوع الأول يسمى سكر الرايبوز (Ribose) ويدخل في تكوينRNA
- ✓ النوع الثاني يسمى سكر الديوكسي رايبوز (DeoxyRibose) وهذا النوع يدخل في تركيبة DNA حيث تنقص ذرة أكسجين على ذرة الكربون رقم 2



Ribose



Deoxyribose

مكونات الحمض النووي DNA:

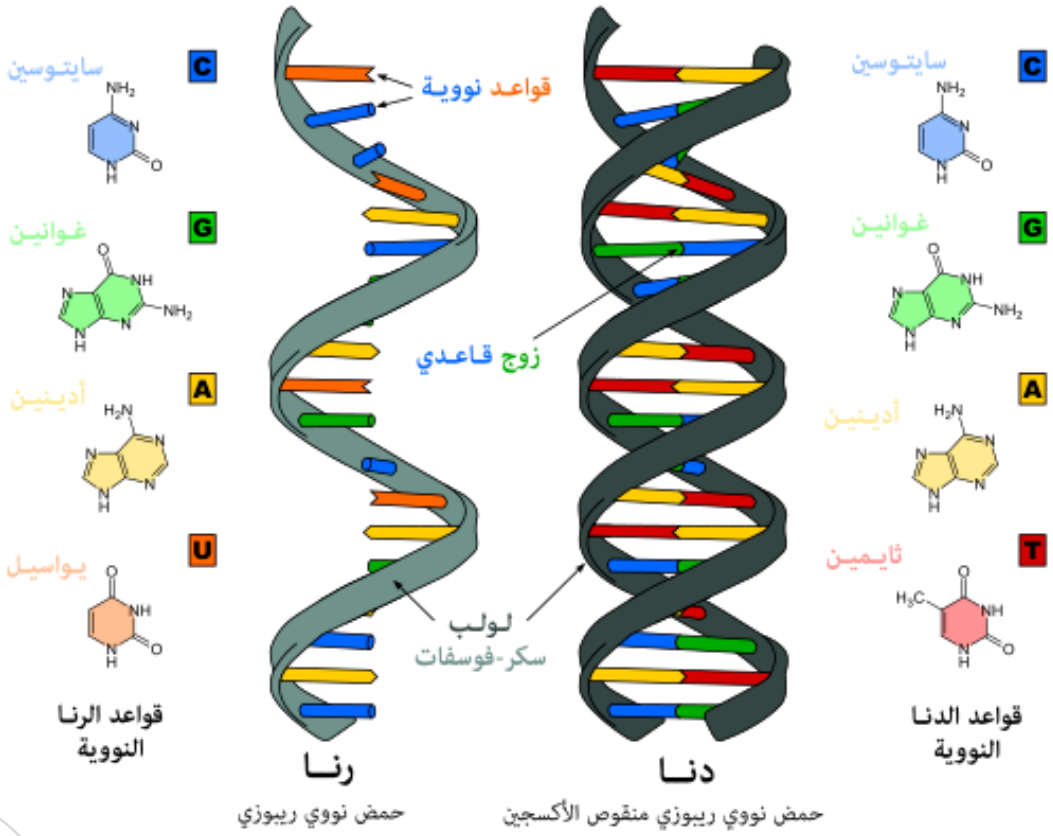
يتكون الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين من سلسلتين متوازيتين تنتظمان على هيئة سلم ملتف لولبيا (Double Helix)، يتكون جانبا السلم اللولبي من تعاقب (السكرالخماسي) و(قاعدة الفوسفات) ويتصل بكل جزيء من جزيئات السكر قاعدة نيتروجينية إما من نوع البيورين أو البيرميدين، وتبرز للداخل في اتجاه المحور بحيث يتقابل الثايمين مع الادنين والسايتوسين مع الجوانين بروابط هيدروجينية.

الحمض النوويRNA:

تعني RNA، الحمض النووي الرايبوزي، ويتألف من سلسلة واحد فقط من النيوكليوتيدات التي ترتبط بعضها مع بعض بنفس الطريقة التي يرتبط بها جزيء DNA، ولكنه يختلف عن جزيء DNA في احتوائه على القاعدة النيتروجينية يوراسيل U، بدلا من احتوائه على الثيامين T

توجد ثلاث أنواع من الحمض النووي RNA داخل الخلايا وهي:

1) mRNAأو RNA الرسول، يتكون في النواة ويقوم بنقل الشيفرة الوراثية من الجينات في النواة إلى الرايبوسومات، ليتم تصنيع البروتينات المختلفة داخل السيتوبلازم.
2) tRNA أو RNAالناقل، و يقوم بنقل الأحماض الامينية من السيتوبلازم إلى الرايبوسومات لاستخدامها في عملية بناء البروتينات.
3) rRNA أو الرايبوسومي، يتكون في النوية يستخدم في إنتاج الرايبوسومات في النوية داخل نواة الخلية.



تخليق البروتين الحيوي (أو اصطناع البروتين الحيوي) Protein biosynthesis (Synthesis)

التخليق الحيوي للبروتين (Protein biosynthesis) هو العملية التي تقوم بها الخلايا لإنتاج البروتينات . يشمل ذلك عمليتي النسخ والترجمة، حيث يتم نقل المعلومات الوراثية من الحمض النووي (DNA) إلى الحمض النووي الريبوزي(RNA) ، ثم يتم استخدام هذه المعلومات لتجميع الأحماض الأمينية في تسلسل محدد لتكوين البروتين.

1) النسخ (Transcription)

في هذه الخطوة، يتم نسخ المعلومات الوراثية المشفرة في الحمض النووي (DNA) إلى الحمض النووي الريبوزي (RNA) الرسول (mRNA). يتم ذلك عن طريق إنزيم يسمى بوليميراز RNA، والذي يرتبط بموقع محدد على الحمض النووي ويقوم بتجميع سلسلة من جزيئات RNA مكملة لـ DNA

2) الترجمة (Translation)

في هذه الخطوة، يتم ترجمة المعلومات المشفرة في mRNA إلى تسلسل محدد من الأحماض الأمينية لتكوين البروتين .يحدث ذلك في الريبوسومات، وهي هياكل خلوية مسؤولة عن تخليق البروتين .يقوم RNAالناقل (tRNA)بجلب الأحماض الأمينية إلى الريبوسوم وفقًا للتعليمات الموجودة فيmRNA ، ثم يتم ربط الأحماض الأمينية معًا لتكوين سلسلة بولي ببتيد (البروتين)