الكيمياء الحيوية Biochemistry

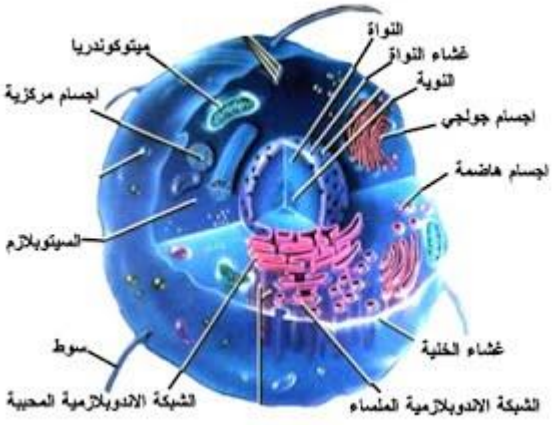
يعتبر تخصص الكيمياء الحيوية (الحياتية) من العلوم الحديثة حيث لا يتعدى تاريخها عن ٢٠٠ سنة، وفي الحقيقة لم يظهر هذا الاصطلاح إلا عام ١٩٠٣م بواسطة **الكيميائي الألماني كارل نيوبرج Carl Neuberg** وقبل ذلك كانت مرتبطة بالكيمياء العضوية والفسيولوجي وعلوم الأحياء والطب والصيدلية. وتساهم الكيمياء الحيوية في مجالات الهندسة الوراثية والتقنية الحيوية وصناعة الأدوية والعقاقير ومكافحة الأمراض بجانب العلوم الأخرى.

الكيمياء الحيوية هي أحد فروع العلوم الطبيعية التي تختص بدراسة كل ما هو متعلق بحياة الكائنات الحية سواء كانت كائنات دقيقة (بكتيريا ، فطريات ، طحالب) أو راقية كالإنسان و الحيوان و النبات . و يوصف علم الكيمياء الحيوية أحيانا بأنه علم كيمياء الحياة وذلك نظرا لارتباط الكيمياء الحيوية بالحياة 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 و مناطق تواجدها و وظائفها الحيوية فضلا عن دراسة التفاعلات الحيوية المختلفة التي تحدث داخل هذه الخلايا الحية من حيث البناء والتخليق ، أو من حيث الهدم و إنتاج الطاقة.

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

- **خلية حقيقية النواة eukaryotic** تحتوي على غشاء يفصل بين النواة ومكونات الخلية.
- **خلية بدائية النواة prokaryotic** لا تحتوي على غشاء يفصل بين النواة وبقية مكونات الخلية.

والخلية حقيقية النواة نوعان خلية حيوانية و خلية نباتية.



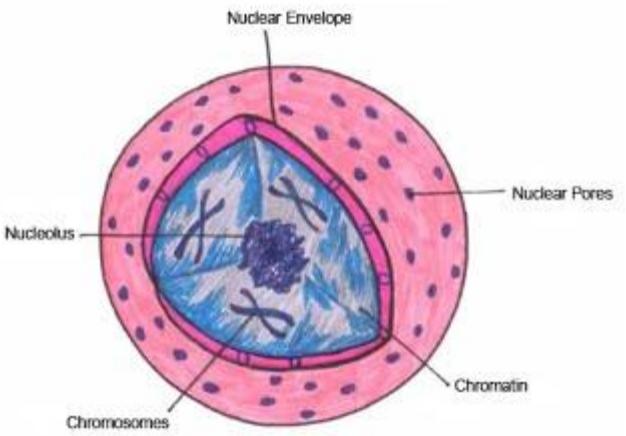
تحتوي الخلية الحيوانية على:

١-الغشاء الخلوي Cell membrane

يحمي الخلية وهو غشاء ذو نفاذية اختيارية، ويتكون من ليبيدات ٤٠%، وبروتينات ٦٠%، وبعض الإنزيمات المتخصصة، ويرتبط ببعض المكونات الخاصة مثل الإنزيمات حيث يوجد على غشائه المستقبلات الخاصة بكل منها.

٢-النواة Nucleus

هو مركز المعلومات في الخلية، ويحتوي على نسبة كبيرة من النيوكليوبروتين Nucleo proteins والتي تشكل فيها جزيء (DNA)النصف تقريباً بينما يشكل البروتين النصف الآخر والذي يكون نوع الهستونات والبروتامين Histones and Protamin. وتحتوي النواة على ما يزيد عن ٩٥% من الأحماض النووية الموجودة في الخلية، وداخل النواة يوجد جسم دائري صغير يسمى النوية Nucleolus، وتتألف هذه النويات من مركبات كبيرة من جزيئات (RNA) تصل نسبتها إلى ٢٥-٢٠% من مجموع جزيئات RNA الموجودة في النوية، عبارة عن mRNA التي تقوم بحمل المعلومات الوراثية من جزيء الدنا والتي تقوم بدور بارز في تصنيع البروتين داخل الخلية.



٣- السيتوبلازم Cytoplasm

يحتوي على RNA وكلوكوز 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:

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

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

ج- الرايبوزوم Ribosome

تحتوي على RNA والبروتين وفيها مكان تصنيع المركبات الببتيدية المتعددة.

د- أجسام جولجي Golgi Apparatus

تقوم بعمليات الخزن الاضطرارية المؤقتة للبروتينات.

هـ- الأجسام المحللة Lysosomes

تحتوي على الإنزيمات الهاضمة والمركبات الإنزيمية الغير فعالة.

يعنى علم الكيمياء الحيوية بدراسة مكونات الخلية من أحماض أمينية و بروتينات و كربوهيدرات وغيرها ومواد عضوية أخرى مثل الفيتامينات والهرمونات والمواد الغير عضوية. تمهيداً لدخول في دراسات أعمق حول عمليات الهدم والبناء الحيوي لهذه المكونات وكذلك عمليات استهلاك الطاقة أو خزنها. لذلك فإن كثير من التفاعلات الكيميائية تحدث في الجسم للكربوهيدرات، أو الليبيدات، أو البروتينات والتي تعتبر المواد الرئيسية في الغذاء، كما يلزم هذه التفاعلات مواد محفزة أو منشطة تسمى الإنزيمات. هذه التفاعلات الكيميائية تنظم بواسطة مواد تسمى الهرمونات (Hormones) والتي تفرز بواسطة غدد معينة في الجسم تسمى غدد صماء (Endocrine Glands).

فعندما تدخل الكربوهيدرات والليبيدات والبروتينات إلى القناة الهضمية تمر بالمراحل التالية:

الهضم (Digestion)

يتم هضم الطعام إلى أبسط الوحدات التي يكون من السهل امتصاصها ومن ثم الاستفادة منها . وهذه العملية تحفز بواسطة إنزيمات الهضم في الفم والمعدة والبنكرياس والأمعاء.

الامتصاص (Absorption)، ويتم امتصاص هذه الوحدات البسيطة الناتجة من الهضم عن طريق الأمعاء الدقيقة.

والهدف الرئيسي من عمليتي الهضم والامتصاص هو نقل الوحدات البسيطة (الأولية) من الطعام إلى خلايا الأنسجة عن طريق الدم. بينما بعض أنواع الوجبة الغذائية لا تحتاج إلى هضم وتمتص كما هي مثل الماء والجلوكوز والفيتامينات والمعادن.

ويبدأ باستخدام المواد الأولية الممتصة في خلايا الأنسجة وتستخدم الأنسجة هذه المواد بإحدى الطريقتين التاليتين:

تفاعلات التكسير أو الهدم (Breakdown or Catabolic Reaction) والعملية نفسها تسمى الهدم (Catabolism).

تكوين مواد جديدة أو تفاعلات البناء (Anabolic Reaction) أو تفاعلات التخليق (Synthetic Reaction)

والعملية نفسها تسمى البناء (Anabolism) أو التخليق (Synthetic).

وعمليتي الهدم والبناء سوياً مع بعضهما يطلق عليهما **التمثيل الغذائي (Metabolism)** وعلى هذا فإن هذه الكلمة تشمل سلسلة من التفاعلات التي تحدث في خلايا الأنسجة.

وكنتيجة لتفاعلات التمثيل الغذائي في الأنسجة فإنه ينتج مواد جديدة بعضها يكون مفيداً والبعض الآخر قد يكون ضاراً أو ساماً. وبناءً على ذلك فإن الجسم يتخلص من المواد الضارة أو السامة **بعملية الإخراج (Excretion) أو بإزالة السمية (Detoxication).**

وهكذا يتضح أن نواتج عملية التمثيل الغذائي تعود مرة أخرى إلى الدم ومنه إلى الكليتين حيث يحدث ترشيح لكل محتويات الدم، والجزء المرشح يصل إلى القناة البولية أما المفيدة فإنه يعاد امتصاصها.

ومما سبق تتضح أهمية الكيمياء الحيوية في التعرف على كل من:

- الكربوهيدرات والتمثيل الغذائي لها.
- الليبيدات والتمثيل الغذائي لها.
- الأحماض الأمينية والببتيدات والبروتينات والتمثيل الغذائي لها.

- الإنزيمات والمرافقات الإنزيمية.

- الفيتامينات والهرمونات.

- توليد وتخزين الطاقة البيوكيميائية.

- البناء الحيوي للجزيئات الحيوية.

- التعبير الجزيئي ونقل المعلومات الوراثية وتنظيم التعبير الجيني.

- دراسة تركيب المواد الكيميائية في الخلية والتغيرات التي تطرأ عليها والعمليات الحيوية التي تجرى عليها

- دراسة مكونات النواة والأسس الكيميائية لعلم الوراثة

إن علم الكيمياء الحيوية هو أساس تقدم الكثير من العلوم الحديثة الأخرى مثل علم الهندسة الوراثية علم زراعة الأنسجة . وهو يرتبط بكثير من العلوم الكيميائية الأخرى مثل علم الكيمياء العضوية وعلم الكيمياء التحليليه وعلم الكيمياء الفيزيائية .

(الكربوهيدرات)carbohydrates

تعتبر السكريات أكثر المركبات العضوية و الحيوية انتشارا في الطبيعة، حيث تقوم النباتات الخضراء بتصنيعها بواسطة التركيب الضوئي حيث يتم تحويل كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون إلى سليلوز ومواد كربوهيدراتية أخرى. وللسكريات أدوار حيوية مختلفة منها:

- مصدر أساسي لإنتاج الطاقة عند احتراقها في كل أنواع الخلايا الحية.
- تخزن في النباتات على شكل نشا في البذور ودرنات البطاطا، وعلى شكل كلايكوجين في الخلايا الكبدية للحيوانات .
- لها أدوار تركيبية متعددة في الخلايا النباتية والحيوانية ، فهي تمثل الجزء الأكبر من الجدران الخلوية في النباتات وفي البكتريا ، وتقوم بأدوار الحماية في أجسام الكثير من الحيوانات مثل الحشرات.
- تلعب دور أنسجة ضامة في الحيوانات للربط بين الخلايا.
- السكريات المرتبطة بالبروتينات والدهون لها دور كبير في توجيه البروتينات، وكذلك في استقبالها للإشارات الكيميائية على السطح الخارجي للأغشية الحيوية.

تتكون السكريات من 3 عناصر أساسية هي: الكربون والأكسجين والهيدروجين ، بالإضافة إلى وجود عناصر أخرى مثل النتروجين والكبريت في بعض أنواع السكريات.

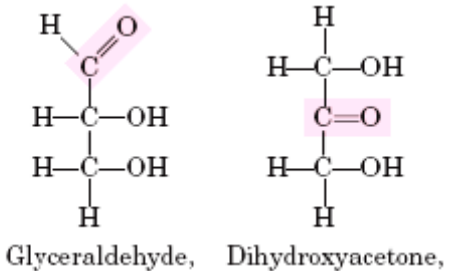
جاءت تسمية السكريات بالكربوهيدرات نظرا لأن صيغتها العامة يمكن أن تكتب $(CH_2O)_n$ ، حيث n يساوي أو أكبر من 3 ، و هذه الصيغة العامة تشير إلى أن السكريات هي متعددات للكربون والماء (هيدرات). غير أن هذه الصيغة لا تشمل كل أنواع السكريات، لأنها لا تضم الذرات الأخرى مثل N و S ، وكذلك فإن النسبة بين العناصر الثلاثة (H , O , C) تتغير في بعض الأنواع مثل السكريات الكحولية (مانيتول ، سربيتول).

يمكننا إعطاء تعريف أكثر دقة ويشمل كل أنواع السكريات تقريبا ، حيث تعرف السكريات بأنها ألدهيدات أو كيتونات متعددة الهيدروكسل أو المواد التي تعطي عند تحللها مائيا هذه المركبات المذكورة.

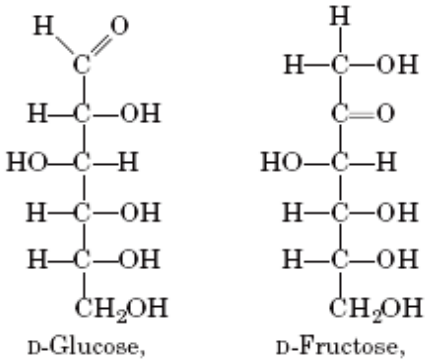
تقسيم السكريات :

نظرا لتنوع للسكريات من مركبات بسيطة جدا إلى مركبات بالغة التعقيد ، فإن السكريات تقسم عادة إلى ثلاثة أقسام هي: السكريات الأحادية (البسيطة) و قليلة التعدد والمتعددة. ويعتمد هذا التقسيم على درجة التعقيد ، وكذلك على قابلية التحلل عند التسخين أو عند المعاملة بالأحماض المخففة أو الإنزيمات المتخصصة :

اولا. السكريات الأحادية: وهي السكريات التي لا يمكن تحليلها مائيا أو إنزيميا إلى وحدات أصغر وهي عادة مواد ذات مذاق حلو وجيدة الذوبان في الماء. و تقسم 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 الكلسر ألدهيد أبسط السكريات الألدهيدية (الألدوزات aldoses) ، بينما يمثل ثنائي هيدروكسي أسيتون أبسط السكريات الكيتونية (الكيتوزات ketoses).



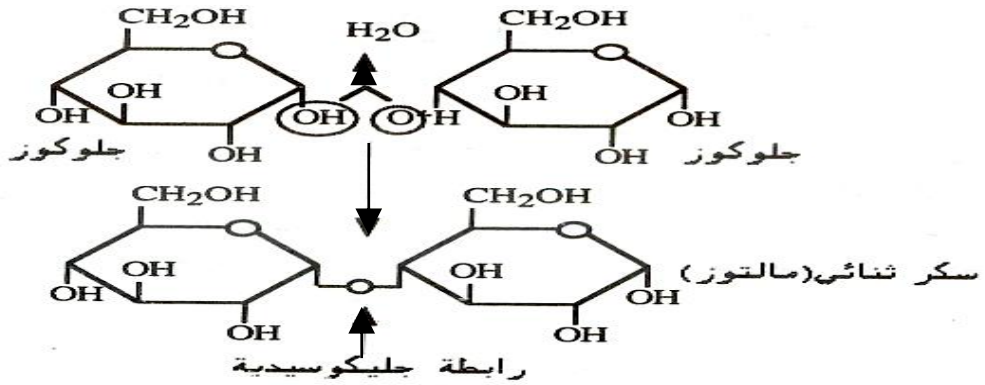
وأشهر السكريات الألدهيدية وأكثرها انتشارا هو الكلوكوز، بينما يعتبر الفركتوز أشهر السكريات الكيتونية ، وكلاهما سكريات سداسية (هكسوزات hexoses).



ثانيا : السكريات قليلة التعدد (الأوليكوسكريدات):

تشمل السكريات التي تتكون من 2 إلى 10 وحدات من السكر الأحادي ، وهي قابلة للتحلل المائي (كيميائيا أو إنزيميا) لتُنتج 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 و السكروز.

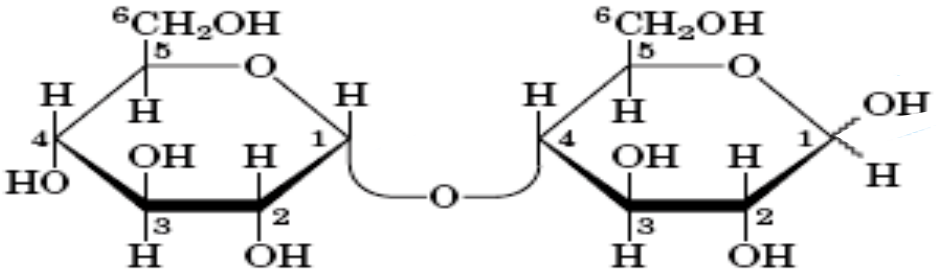
- الرابطة الجليكوسيدية : يمكن لمجموعتي هيدروكسيل تابعتين لسكرين مختلفين أن تتفاعلا مما يؤدي إلى خروج جزيئة ماء وتكوين رابطة تعرف بالرابطة الجليكوسيدية ، والتي تسمح بارتباط عدد من السكريات الأحادية لتكوين السكريات المركبة والمتعددة.



و كأمثلة عن السكريات قليلة التعدد نذكر ما يلي :

1. المالتوز (سكر الشعير) :

يتكون من وحدتي كلوكوز مرتبطتين برابطة بين مجموعة OH في C_1 للسكر الأول مع OH في C_4 للسكر الثاني ، برابطة (4<--- 1) α .

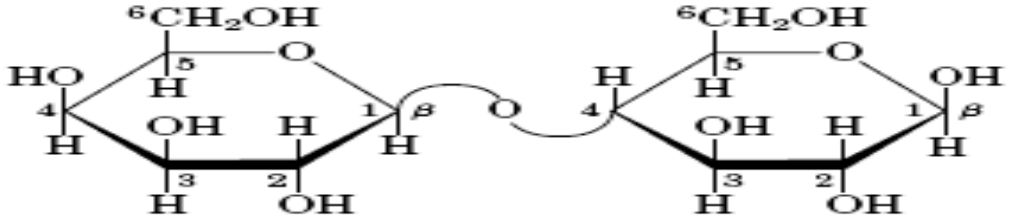


يتحلل المالتوز إنزيميا بواسطة إنزيم المالتيز المتخصص على الرابطة (4<--- 1) α بين وحدتي كلوكوز.

2. اللاكتوز (سكر الحليب):

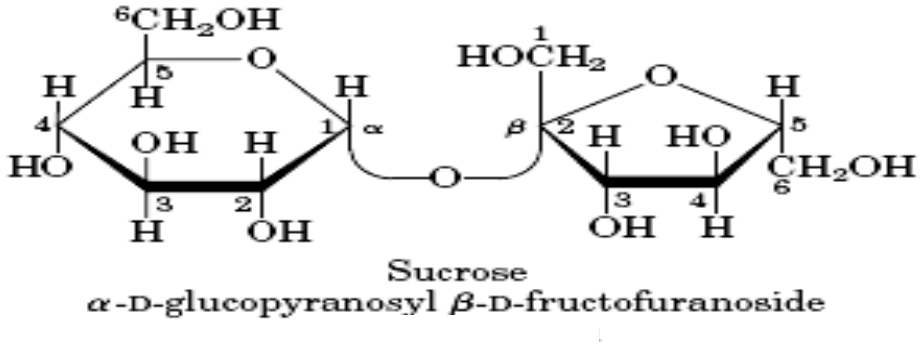
يتواجده أساسا في الحليب بنسبة تقدر بحوالي (5%) ، وهو السكر الوحيد ذو الأصل الحيواني ولا يوجد في النباتات. يتكون من كالاكتوز + كلوكوز برابطة (4 <--- 1) β .

يتحلل بواسطة إنزيم اللاكتيز ليعطي كالاكتوز + كلوكوز.



3. السكروز (سكر القصب):

يستخرج أساسا من نبات قصب السكر وكذلك من البنجر السكري ، وهو سكر هام من الناحية الاقتصادية و الاستعمالات الغذائية ، وهو على عكس اللاكتوز سكر نباتي لا يوجد في الحيوانات. يتكون السكروز من فركتوز + كلوكوز ، 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 و اللاكتوز 32 . يتحلل السكروز بإنزيم السكريز



ثالثا : السكريات المتعددة :

تتكون من عدد كبير من السكريات الأحادية ، وهي أكثر أنواع الكربوهيدرات انتشارا في المصادر الطبيعية وأهمها النشا ، الكلايكوجين ، 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.

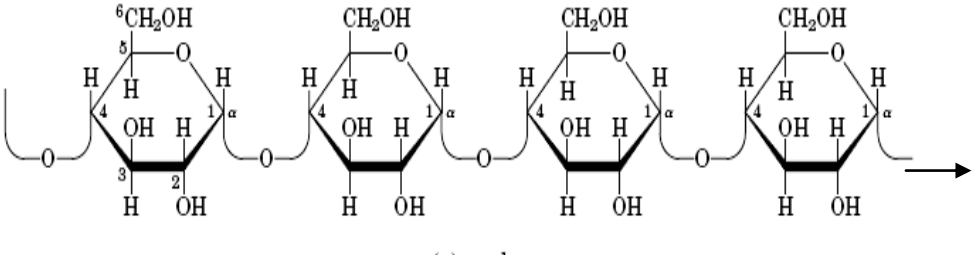
أ. السكريات المتعددة المتجانسة :

تعطي عند تحللها نوع واحد من السكريات الأحادية ومن أمثلتها: النشا ، الجليكوجين والسليلوز.

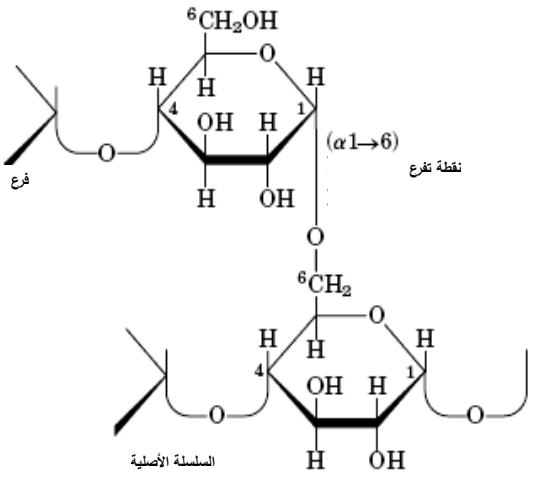
1- النشاء :

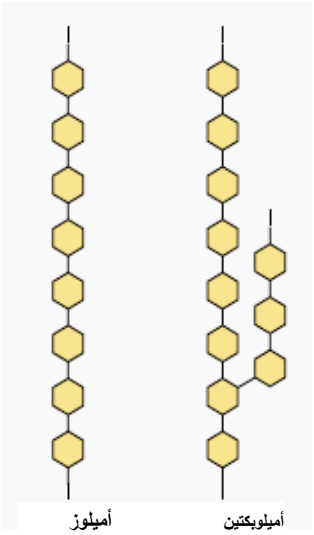
يعتبر المخزون الغذائي الرئيسي في الخلايا النباتية ، ويمكن أن يخزن بكميات كبيرة في أعضاء نباتية خاصة مثل الدرنات (البطاطس) والحبوب (القمح والشعير). كما يخزن النشاء بصورة مؤقتة في البلاستيدات الخضراء أثناء عملية التركيب الضوئي. تتميز الخلايا النباتية الخضراء بقابليتها على تصنيع النشاء في البلاستيدات الخضراء. يتكون النشاء من نوعين من المكونات هي: الأميلوز والأميلوبكتين .

يتكون الأميلوز من سلاسل غير متفرعة لوحدات α- غلوكوز مرتبطة بروابط جليكوسيدية (4→1) α ، تلتف سلاسل الأميلوز حلزونيا.



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





تختلف أنواع النشا في نسبة كل من الأميلوز و الأميلوبكتين ، وتتراوح نسبة الأميلوز في الغالب من 15 - 25 % والأميلوبكتين من 85 - 75 % .

يتحلل النشا إنزيميا بواسطة إنزيمات الأميلاز(تفرز طبيعيا من الأنبوب الهضمي وتوجد في اللعاب) .

2- الكلايكوجين :

وهو المخزون الغذائي في الخلايا الحيوانية ويقابل النشا في الخلايا النباتية ، لذا يسمى أحيانا بالنشا الحيواني. يخزن الكلايكوجين أساسا في الكبد بنسبة 8 - 10 % من الوزن الطري ، كما يتواجد كذلك في في خلايا القلب والعضلات.

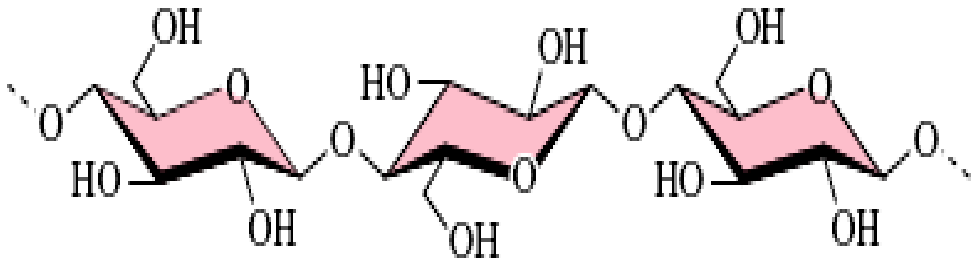
له نفس تركيب الأميلوبكتين من حيث نوع الوحدات والروابط ، ويختلف عنه في كثرة التفرعات وقلة طولها (فرع لكل 3 - 5 وحدات مقارنة مع فرع لكل 25 وحدة في حالة الأميلوبكتين) ، مما يجعل شكل حبيبات الكلايكوجين أكثر تكدسا وأقل حجما من حبيبات النشا.

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 (4 → 1) β .

يتحلل السليلوز بواسطة إنزيم السليوليز



وحدات جلوكوز مرتبطة بروابط β(1→ 4)

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.

رابعا السكريات المعقدة:

تتشكل من ارتباط جزء سكري مع مجموعة لا سكرية. و كأمثلة علة ذلك نذكر:

- البروتينات السكرية: أو ما يعرف بالكلايكوبروتينات، حيث تتشكل من اتحاد جزء سكري مع آخر بروتيني بحيث أن:
- العديد من الهرمونات طبيعتها كلايكوبروتينية.
- تتواجد العديد من الكلايكوبروتينات على مستوى الأغشية الخلوية وتلعب أدوار هام في الظواهر المناعية.
- تكون السوائل البيولوجية عادة غنية بالكلايكوبروتينات كاللعاب ، الحليب، الدم....
- البروتينات الدهنية: أو ما يعرف بالكلايكوبروتينات و تتشكل من اتحاد جزء سكري مع آخر دهني، وهو كثير الانتشار في الأغشية الخلوية.

الأحماض الأمينية والبروتينات

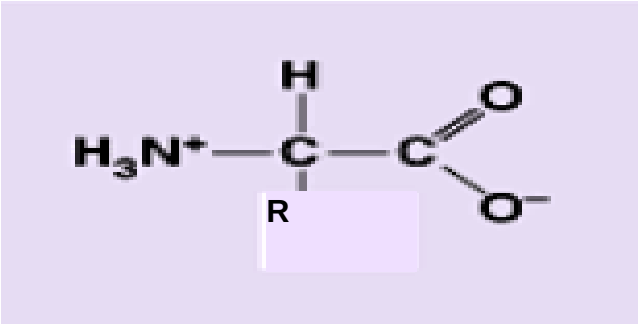
تعتبر البروتينات أهم المركبات الحيوية نظرا للأدوار الأساسية التي تقوم في الخلايا الحية. تتواجد البروتينات في كل الخلايا الحية وفي كل الأجزاء الخلوية وتؤدي أدوارا مختلفة كإنزيمات وبروتينات النقل ، التخزين ، التغذية ، الحركة ، هرمونات .....إلخ.

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 Acids.

1. الأحماض الأمينية:

تعريف: 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) حامضا أمينيا أساسيا تختلف فيما بينها في السلسلة الجانبية (R) ، هذه السلسلة تحدد خصائص الحمض الأميني الكيميائية والفيزيائية مثل نوع التفاعلات والذوبان.

أ. تسمية الأحماض الأمينية:

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

أسماء وأقسام وبعض خصائص الأحماض الأمينية المتواجدة في البروتينات

الحمض الأميني Amino acid	الأسماء المختصرة	و.ج M_r	قيم pK			pHi	درجة الكراهة للماء	التواجد في البروتينات
			pK_1	pK_2	pK_R			
متعادلة أليفاتية								
Glycine	Gly G	75	2.34	9.60		5.97	−0.4	7.2
Alanine	Ala A	89	2.34	9.69		6.01	1.8	7.8
Proline	Pro P	115	1.99	10.96		6.48	1.6	5.2
Valine	Val V	117	2.32	9.62		5.97	4.2	6.6
Leucine	Leu L	131	2.36	9.60		5.98	3.8	9.1
Isoleucine	Ile I	131	2.36	9.68		6.02	4.5	5.3
متعادلة عطرية	Met M	149	2.28	9.21		5.74	1.9	2.3
Phenylalanine	Phe F	165	1.83	9.13		5.48	2.8	3.9
Tyrosine	Tyr Y	181	2.20	9.11	10.07	5.66	−1.3	3.2
Tryptophan	Trp W	204	2.38	9.39		5.89	−0.9	1.4
متعادلة محبة للماء								
Serine	Ser S	105	2.21	9.15		5.68	−0.8	6.8
Threonine	Thr T	119	2.11	9.62		5.87	−0.7	5.9
Cysteine	Cys C	121	1.96	10.28	8.18	5.07	2.5	1.9
Asparagine	Asn N	132	2.02	8.80		5.41	−3.5	4.3
Glutamine	Gln Q	146	2.17	9.13		5.65	−3.5	4.2
قاعدية								
Lysine	Lys K	146	2.18	8.95	10.53	9.74	−3.9	5.9
Histidine	His H	155	1.82	9.17	6.00	7.59	−3.2	2.3
Arginine	Arg R	174	2.17	9.04	12.48	10.76	−4.5	5.1
حامضية d								
Aspartate	Asp D	133	1.88	9.60	3.65	2.77	−3.5	5.3
Glutamate	Glu E	147	2.19	9.67	4.25	3.22	−3.5	6.3

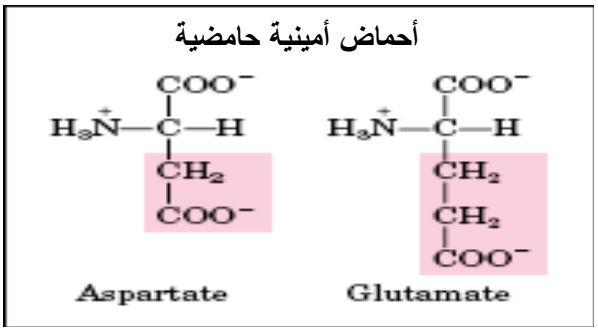
ب. تقسيم الأحماض الأمينية:

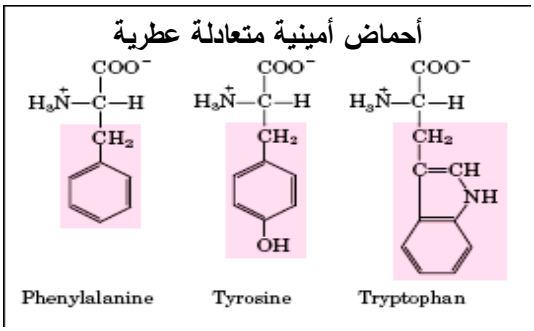
هناك عدة طرق لتقسيم الأحماض الأمينية أهمها تلك التي تعتمد على محتوى السلسلة الجانبية من مجموعات قاعدية أو حامضية ، وتقسم الأحماض الأمينية تبعا لذلك إلى 3 أقسام أساسية:

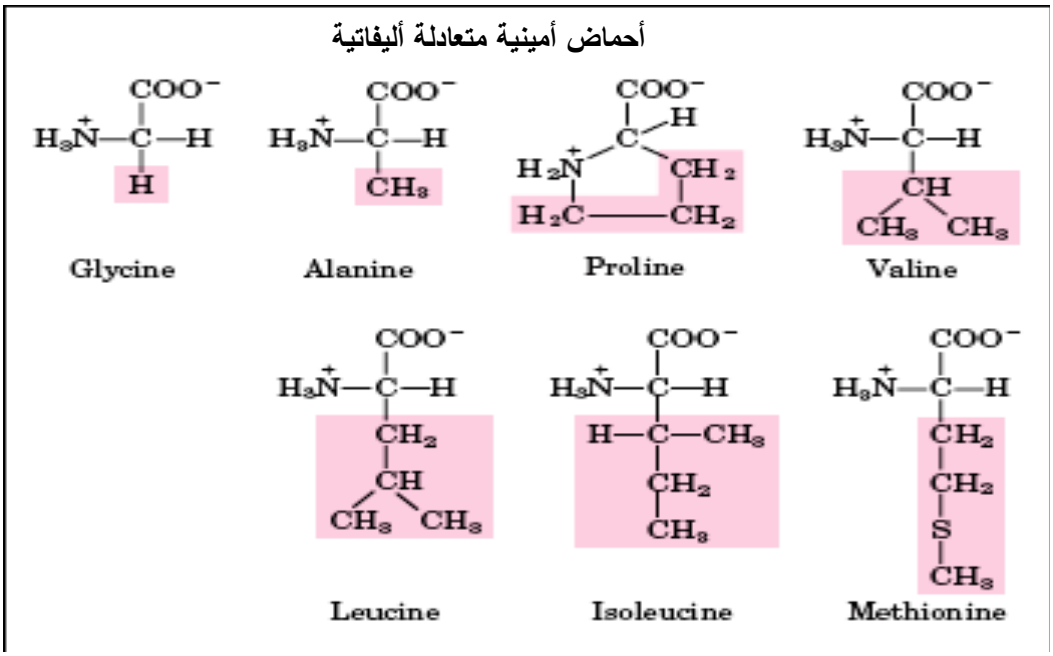
1- **أحماض أمينية قاعدية** : عددها 3 هي: Lys , Arg , His . تحتوي هذه الأحماض على مجموعة قاعدية في السلسلة الجانبية وتحمل شحنة موجبة عند pH المتعادل.

2- **أحماض أمينية حامضية** : عددها 2 و هي: Glu , Asp. وتتميز هذه الأحماض بإحتوائها على مجموعة حامضية في السلسلة الجانبية وتحمل بذلك شحنة موجبة عند pH المتعادل.

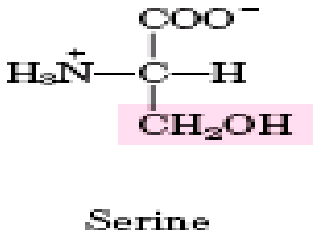
3-أحماض أمينية متعادلة :عددها 15 ، وتقسم هذه الأحماض الأمينية بدورها إلى أحماض أمينية أليفاتية ، كحولية ، كبريتية ، عطرية (أروماتية) ...إلخ.



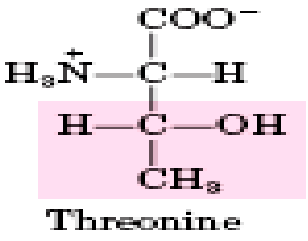




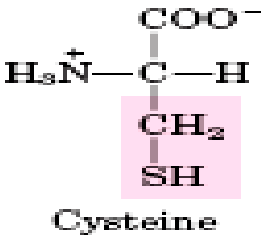
أحماض أمينية متعادلة قطبية (محبة للماء)



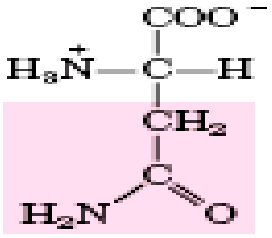
Serine



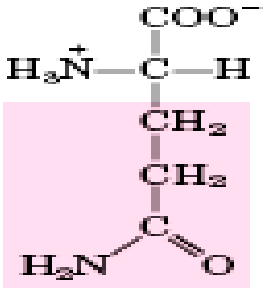
Threonine



Cysteine



Asparagine



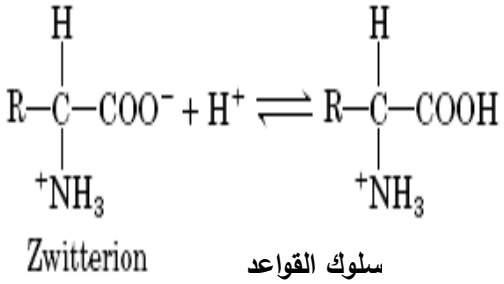
Glutamine

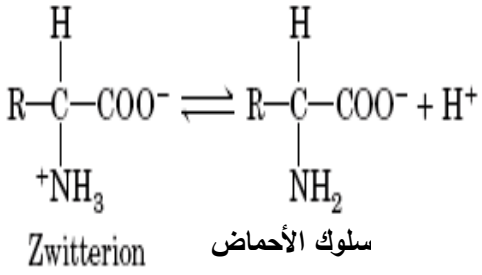
قد تقسم الأحماض الأمينية حسب سلوكها في الماء إلى محبة للماء (Hydrophyles) و كارهة للماء (Hydrophobes). كما تختلف الأحماض الأمينية في درجة حبها أو كراهتها للماء ، فنجد الاحماض الامينية الكارهة جدا مثل Val , Leu , Ile , Pro , Phe و الأقل كراهة للماء مثل Cys , Met والمحبة للماء بدرجات مختلفة مثل Ser, Thr بالإضافة إلى الأحماض الأمينية القاعدية والحامضية. يعبر عن درجة الكراهة للماء عن طريق سلم رقمي بقيم موجبة (أحماض أمينية كارهة للماء) أو سالبة (أحماض أمينية محبة للماء) ، هذه الخصائص لها أهمية كبيرة في الحفاظ على استقرار بنية البروتينات كما سيأتي الإشارة إليه لاحقا.

ج. 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 .





2. البيبتيدات :

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.

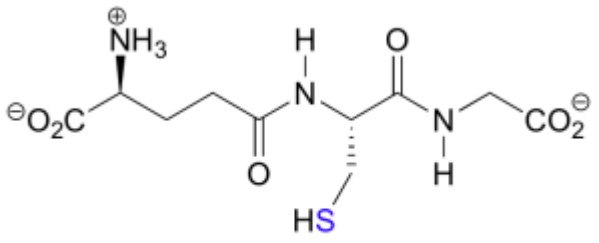
لكل ببتيد نهاية أمينية وأخرى كربوكسيلية (N-TERMINAL , C-TERMINAL) ، ويتكون الإسم المفصل للببتيد من الأسماء المختصرة للأحماض الأمينية الداخلة في تركيبه حسب تسلسلها إبتداء من النهاية الأمينية.

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

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

الكلوتاثيون هو ببتيد يحتوي ثلاثة أحماض أمينية هي حامض الكلوتاميك و السستين والكلايسين.

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)

3. البروتينات:

توجد المواد البروتينية في جميع الكائنات الحية النباتية والحيوانية اذ تمثل المكونات الأساسية للبروتوبلازم في الدم واللبن والعضلات والغضاريف كما تدخل في تركيب الشعر والأظافر والقرون والجلد والريش والصوف والحرير. وتعد البروتينات مواد عضوية تتكون من الكاربون، الأوكسجين، الهيدروجين، النتروجين، والكبريت وتحتوي بعض المواد البروتينية الهامة على الفسفور أيضا بالإضافة إلى العناصر السابقة. إذ تمثل 15% من مجموع السعرات الحرارية اليومية بالنسبة للغذاء الكلي، كما يشكل البروتين 12-15% من وزن الجسم يوجد في مناطق مختلفة إلا إن أكبر نسبة موجودة في الجهاز العضلي من 40-65% من وزن الجسم.

- **تعريف:** هي أهم المركبات الحيوية وتتكون غالبا من عدد كبير من الأحماض الأمينية مرتبطة بروابط ببتيدية. يعود التنوع الكبير في البروتينات إلى الاحتمالات الكبيرة التي تنتج عن اختلاف تسلسل الأحماض الأمينية. فمثلا تكون احتمالات ثنائي ببتيد يحتوي على Ala حوالي 39 احتمالا ، ويزداد عدد الاحتمالات بزيادة عدد الأحماض الأمينية المكونة إلى أعداد لا متناهية في متعددات البيبتيدات والبروتينات.

- 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 ةيأتي بعده الفاصوليا، البطاطس، العدس، الأرز، كما وتوجد البروتينات بكميات قليلة في كل من الحمص، الذرة، الخبز، الشعير).

وتجدر الإشارة إلى إن المصادر الحيوانية هي أغنى من المصادر النباتية بكثير بالنسبة للمواد البروتينية.

3. الوظائف الحيوية و الفيزيولوجية للبروتينات:

يمكن تلخيص وظائف البروتينات بالاتي :

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.

4. 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 و الكيراتينات 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:

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

2-**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 قابليتها للذوبان في الماء ووظيفتها البنائية التركيبية ، حيث يشكل أغلبها أجزاء هامة في تركيب الأنسجة المختلفة.

بنية البروتينات:

كما أن لكل بروتين تسلسل خاص من الأحماض الأمينية ، فإن لكل بروتين كذلك شكل فراغي وبنية خاصة ومميزة. ومن أهم الطرق التي استعملت ولا تزال تستعمل في دراسة بنية البروتينات هي طريقة حيود الأشعة السينية. وقد تم خلال الدراسات المتعاقبة والمكثفة التي أجريت على البروتينات استنتاج العديد من الأسس أهمها:

1- البنية الفراغية ثلاثية الأبعاد للبروتين يحددها تسلسل الأحماض الأمينية.

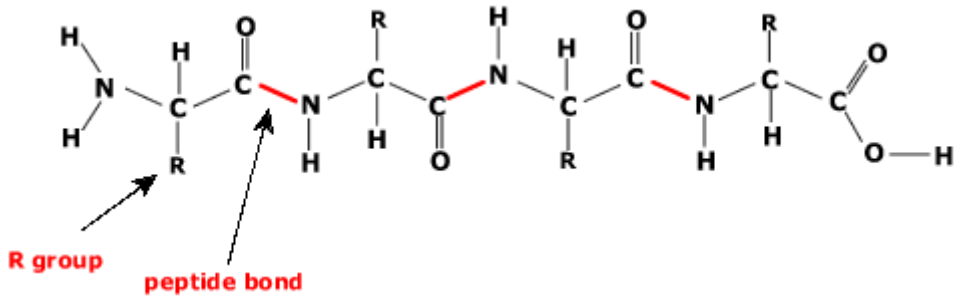
2- وظيفة البروتين تحددها البنية الفراغية للبروتين.

3- لكل نوع من أنواع البروتينات بنية خاصة لا توجد في أنواع أخرى من البروتينات.

4- أغلب الروابط التي تحافظ على هذه البنية الفراغية هي روابط ضعيفة وغير تساهمية.

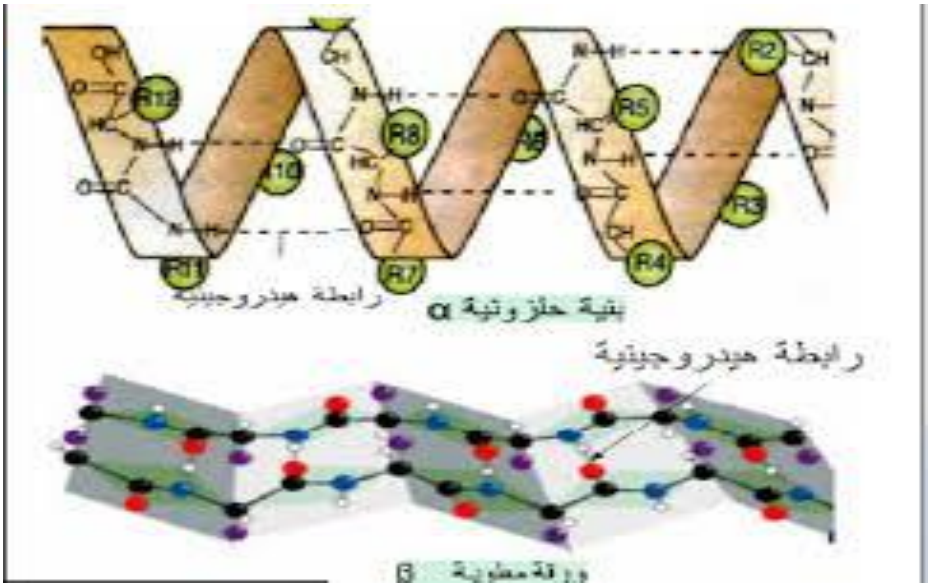
لوصف بنية البروتينات اقترح علماء الكيمياء الحيوية أربع مستويات تتدرج في التعقيد وهي: البنية الأولية والثانوية والثالثية والرابعية.

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.



التركيب الأولي للبروتينات

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 الببتيدية مما يعطي التركيب الثلاثي للبروتين شكل كروي أو مطوي مستقر، هذه الروابط هي:

1- روابط ثنائي الكبريتيد. .

2- الروابط الأيونية .

3- الروابط الهيدروجينية

4- قوى فانديرفال.

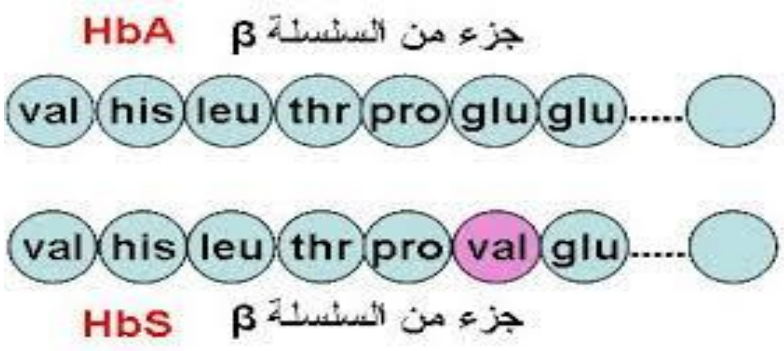
5- روابط هيدروفوبية.

4- **البنية الرابعية (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 في ما يسمى الوحدة البروتينية، وتسمى كل سلسلة ضمن البنية الرابعية بتحت الوحدة (subunit) للبروتين. علما ان الروابط التي تسبب استقرار التركيب الثلاثي هي نفسها التي تسبب استقرار التركيب الرباعي للبروتين..مثال: الهيموجلوبين.

البنية الرابعية لبروتين الهيموكلوبين

ان الترتيب او التعاقب الصحيح للأحماض الامينية في جزيئة البروتين يضمن الحصول على الشكل الفراغي المميز لكل بروتين مما يؤهله لانجاز 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.

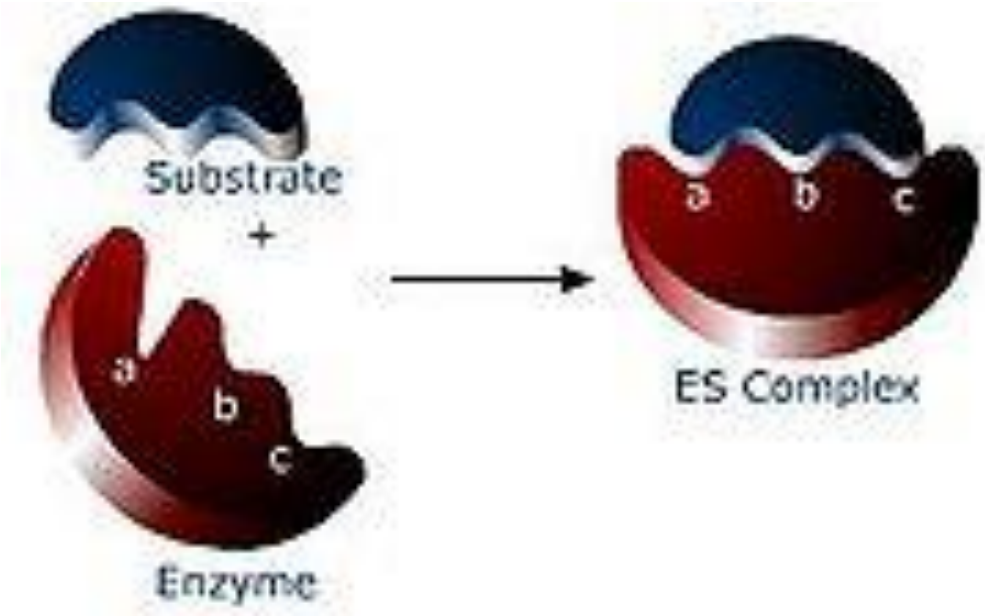
فبروتين هيموغلوبين كرية الدم الحمراء يتألف من زوجين من سلاسل متعدد الببتايد تتألف احدها من 141 حامض أميني والأخرى على 146 حامض اميني ، مما يشكل بالإجمال 574 وحدة حمض أميني في السلاسل الأربعة والتي لكل منها موقع محدد. يحدث المرض عندما يحل الفالين محل حامض الغلوتاميك في مكانه الخاص، بالتالي فإن الروابط الهيدروجينية التي تشكل البنى الأعلى من الهيموغلوبين تعطي شكل غير طبيعي للبروتين المتشكل.



صورة مجهرية لكريات حمراء منجلية (مؤشرة بالسهم)

الإنزيمات

ENZYMES



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، و كغيرها من البروتينات فإن الإنزيم يتألف من اتحاد عدد كبير من الأحماض الأمينية تكون فيما بينها سلسلة أو أكثر من عديد الببتيد.

- وتوجد الأحماض الأمينية في هذه السلاسل وفق تتابع معين خاص بكل إنزيم مما يؤدي في النهاية إلى تركيب فراغي محدد يمكن الإنزيم من القدرة على تسريع حدوث تفاعل خاص به.
- الإنزيم هي كلمة لاتينية تعني (في الخميرة (in yeast) حيث اكتشفت أولا في عملية تخمر الجلوكوز إلى كحول بواسطة الخميرة.
- تكون شكل ثلاثي الأبعاد(تركيب ثلاثي) للبروتين.
- و تتشابه الإنزيمات في فعلها مع العوامل المساعدة الكيميائية الأخرى. إذ أنها تشارك في التفاعل دون أن تغير من نتيجته، أي أنها تعود في نهاية التفاعل إلى وضعها الأصلي الذي كانت عليه قبل بدء التفاعل مما يمكنها من المشاركة بتفاعل جديد وهذا ما يسمح لكميات قليلة من الأنزيم بالمشاركة لفترة زمنية طويلة في التفاعل، لكنها تمتاز عن العوامل المساعدة الأخرى بكفاءتها العالية.
- كما تمتاز عن العوامل المساعدة الأخرى بالدرجة العالية من التخصص التي تتمتع بها حيال المادة المتفاعلة ونوع التفاعل. فكل إنزيم يختص بمادة متفاعلة واحدة يطلق عليها المادة الهدف Substrate، و قد يختص الإنزيم بمجموعة محددة من المواد المتشابهة في التركيب.

- و الأمثلة على اختلاف الإنزيمات باختلاف المادة الهدف عديدة يذكر منها تميؤ الرابطة الجليكوسيدية أو الرابطة الاسترية أوالرابطة الببتيدية في جزيئات الكربوهيدرات والدهون والبروتين على التوالي.
- في جميع هذه التفاعلات يتم كسر الرابطة بإضافة جزئ من الماء حيث تضاف مجموعة هيدروكسيل OH– إلى احدى الذرتين بينما تضاف ذرة هيدروجين H- إلى الذرة الأخرى. ومع تشابه التفاعلات في الحالات الثلاثة إلا أن الإنزيمات مختلفة باختلاف الهدف.

مكونات الانزيمات:

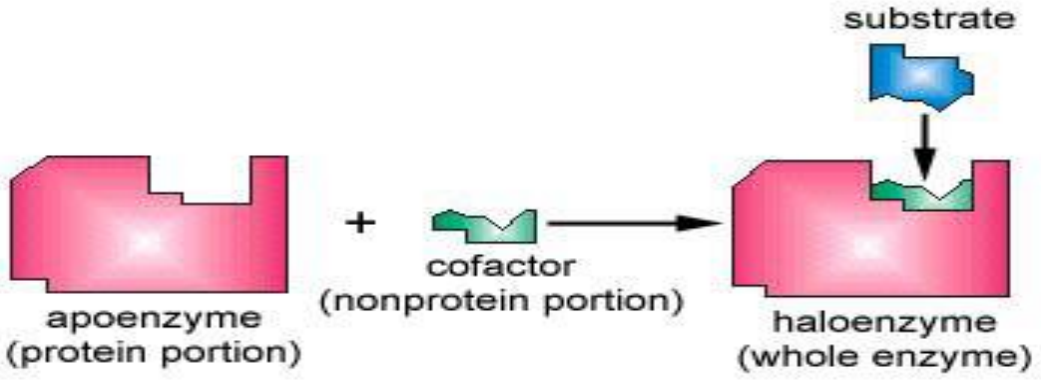
يتكون الأنزيم من واحدة من الأشكال الآتية:

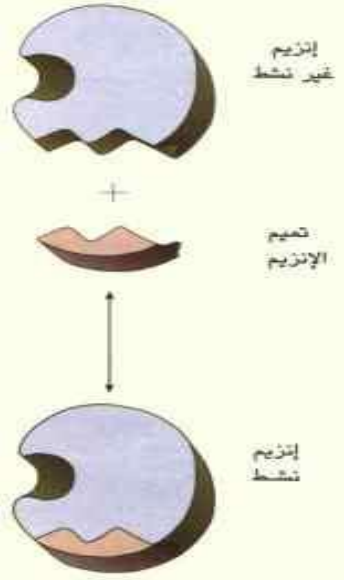
١- **الإنزيمات التى تتكون من البروتينات البسيطة**: وتتألف من سلسلة واحدة او عدة سلاسل ببتيدية، مثل الإنزيمات المحللة: إنزيم اليوريز وإنزيم الأميليز.

٢- **الإنزيمات التي تتكون من شقين:** أحمدهما بروتينى والآخر غير بروتينى

أ- بعض الأنزيمات تتألف من سلاسل بروتينية ومكونات أخرى يحتاجها الأنزيم لفعاليته وتسمى العوامل المرافقة Cofactor، وأحيانا يكون المرافق الإنزيمي أحد العناصر المعدنية مثل الحديد والزنك والنحاس ويكون مرتبطا ارتباطا وثيقا بالجزء البروتيني من الإنزيم المسمى بالأبوإنزيم Apoenzyme، وإذا نزع من الإنزيم بقي الجزي البروتيني عاجزا عن تسريع التفاعل مثال الحديد في إنزيم الكاتليز.

ب- أو قد تكون بشكل جزيئات عضوية معقدة تسمى مرافقات الأنزيم Coenzyme، مثل الفتامينات (فتامين B) و هي ترتبط بالجزيء البروتيني من الإنزيم وقت التفاعل فقط . مثل Acetyl CoA. تحتاج بعض الأنزيمات أحيانا ً لكلا النوعين الأيونات الفلزية والجزيئات العضوية المعقدة .



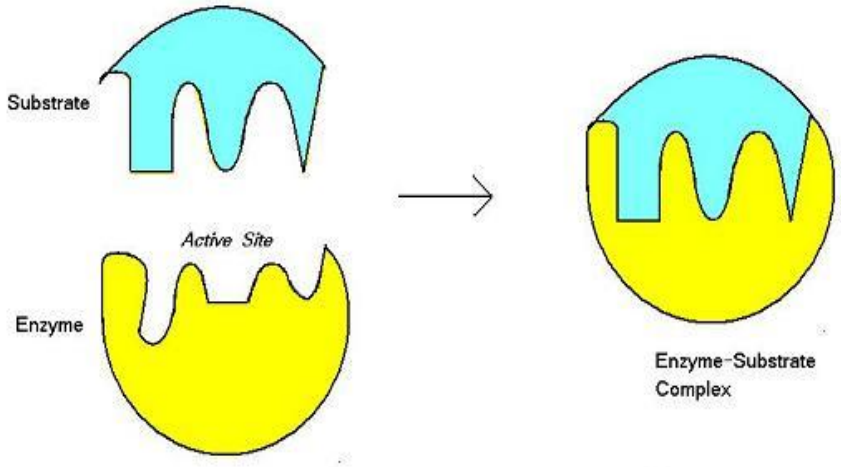


تحويل طليعة الإنزيم Proenzyme

- من الإنزيمات ما يصنع أولا في شكل غير نشط يسمى طليعة الإنزيم Proenzyme فإذا دعت الحاجة إلى تنشيط هذا الإنزيم تم ذلك بتغير بسيط في تركيبه، كأن يزال جزء من سلسلة عديد الببتيد المكونة له، فيتحول بذلك إلى إنزيم نشط *Active Enzyme*.
- و من الأمثلة على الإنزيمات التي تتكون في صورة غير نشطة إنزيما الهضم الببسين والتربسين فهما يتكونان أولا على صورة ببسينوجين ، و تربسينوجين ، على التوالي .

الموقع الفعال(المركز النشط)

- هو بناء فراغي محدد.
- ويوجد في كل إنزيم مركز فعال واحد أو أكثر وهو المسئول عن قيام الإنزيم بعمله.
- أمثلة إنزيم يوريز له أربع مراكز فعالة.
- إنزيم التربسين يحتوي على مركز فعال واحد.



Induced-fit Model. - The enzyme active site forms a complementary shape to the substrate after binding.

إضافة مجموعة كيميائية برابطة تساهمية :-

- تتغير فاعلية كثير من الإنزيمات بإضافة مجموعة مثل الفوسفات إلى جزيء الإنزيم وذلك بإنشاء رابطة تساهمية بين هذه المجموعة وحامض أميني محدد في الإنزيم مثل السيرين، ويؤدي هذا إلى زيادة أو نقص في فاعلية الإنزيم حسب نوع ذلك الإنزيم.
- ومن الأمثلة على هذه الطريقة إضافة مجموعة الفوسفات إلى إنزيم جليكوجين فوسفوريليز Gelycogens phosphorylase الذي يعمل على تحطيم جزيء الجليكوجين إلى جزيئات جلوكوز، فينشط هذا الإنزيم عندما تضاف إليها مجموعة فوسفات من إنزيم آخر.
- وبالعكس تضعف فاعلية الإنزيم المصنع للجليكوجين Glycogen Synthrtase بإضافة مجموعة الفوسفات.

المنشطات Activators

- تحتوي معظم الإنزيمات على موقع نشط واحد في كل جزيء، إلا أن هناك مجموعة من الإنزيمات تحتوي على أكثر من موقع نشط و تسمى هذه الإنزيمات بالإنزيمات ذات الموقع الآخر أو الإنزيمات الألوسترية. Allosteric Enzymes
- و يرتبط على أحد المواقع النشطة جزيء من المادة الهدف بينما يرتبط على الموقع الآخر مركب كيميائي معين برابطة ضعيفة غير تساهمية ، و يؤدي ارتباط تلك المركبات الكيميائية إلى تغير في نشاط الإنزيم زيادة أو نقصانا، وهي لذلك تسمى معدلات Modifiers. والتي تزيد من نشاط الإنزيم نتيجة ارتباطها على الموقع الآخر.

الانزيمات المتماثلة Isoenzymes

هي الإنزيمات التي توجد بأشكال مختلفة ولها نفس الفاعلية الحفزية ونفس التخصص على مادة التفاعل(الهدف) تختلف فيما بينها في خصائصها الكيميائية والفيزيائية والمناعية، يتم فصلها تحت تأثير التيار الكهربائي في المحلول electrophoresis ومن الأمثلة على ذلك إنزيم لاكتات ديهيدروجينيزLDHالذي وجد منه خمسة أشكال في مصل دم الإنسان. الإنزيمات المتماثلة ضرورية لتنظيم العمليات الحيوية وكذلك في تكون الأنسجة، ولها دور كبير في المجال الطبي للكشف عن الأمراض.

ميكانيكية الفعل الانزيمي:

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

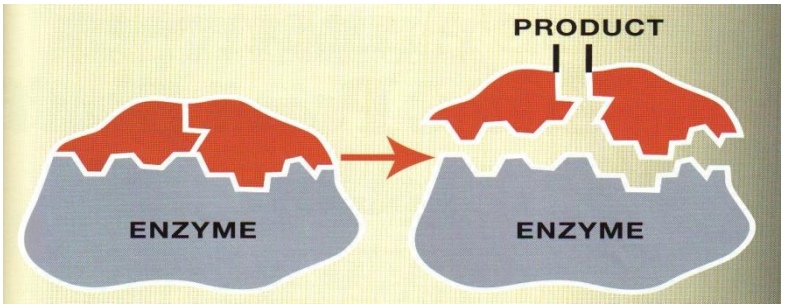
$$E + S \longrightarrow ES$$

و يتم 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.

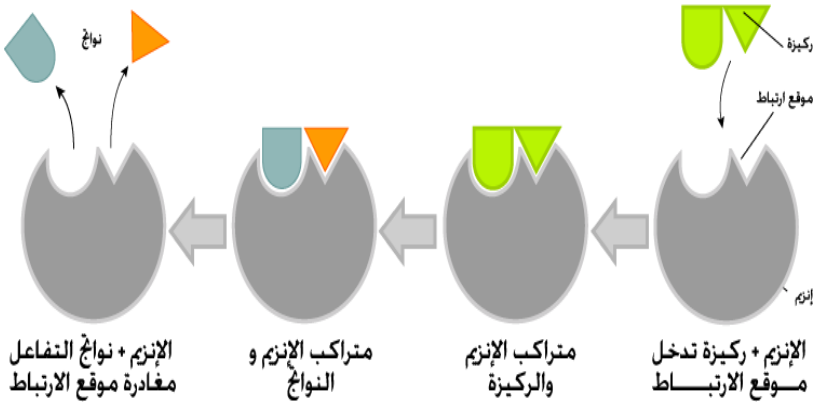
الخطوة الثانية: يتحلل المعقد ويكون نواتج التفاعل ويتحرر الإنزيم.

$$ES \longrightarrow E + P$$

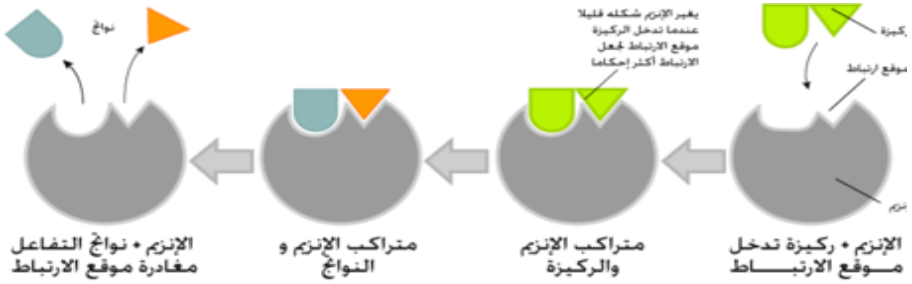


الفرضيات:

أولا: 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.



ثانيا: فرضية التلاءم المحرض: اقترح كوشلاند فرضية معدلة عن فرضية القفل و المفتاح آخذا بعين الاعتبار حركية الجزيئات البروتينية ، حيث افترض أن السلاسل الببتيدية في موقع الارتباط تستطيع أن تغير مواقعها لتلاءم 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 الإنزيمية

١- درجة الحرارة: الإنزيمات حساسة لدرجة الحرارة فعند درجة الصفر يقف عمل الإنزيم تماما ويمكن أن يستعيد نشاطه مرة أخرى تدريجيا برفع درجة الحرارة. ويصل نشاط الإنزيم إلى ذروته عند درجة الحرارة تتراوح بين ٣٧-٤٠ (درجة حرارة الجسم) وينخفض نشاط برفع درجة الحرارة. كما ينخفض نشاط الإنزيم بالتسخين حيث يفقد فاعليته تماما عند درجة الغليان وذلك لتغير طبيعة الإنزيم.

٢- تأثير مستوى حموضة الوسط PH: لكل إنزيم درجة حموضة PH مناسبة يكون نشاطه عندها أكبر ما يمكن ويقل نشاطه إذا تغير درجة PH ارتفاعا أو انخفاضا وذلك لما يطرأ على الإنزيم من تغير وذلك لتغيير شحنة الأحماض الامينية المكونة لسلسلة البروتين والتي تشارك في ربط المواد المتفاعلة بمركز نشاط الإنزيم.

٣- 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.

٤- تأثير تركيز الإنزيم على سرعة التفاعل: هناك علاقة طردية بين سرعة التفاعل وزيادة تركيز الإنزيم بوجود زيادة من المادة المتفاعلة فإن زيادة نسبة الإنزيم يزيد من سرعة التفاعل، وذلك بشكل مطلق طالما وجدت مادة التفاعل.

٥- تأثير وجود المثبطات: يقصد بالمثبطات مركبات يترتب على وجودها انخفاض في نشاط الإنزيم وفي بعض الأحيان توقف نشاط الإنزيم كلية. وتنقسم قسمين:

أولا: النوع الأول له تأثير مؤقت على النشاط الإنزيمي حيث يستعيد الإنزيم نشاطه بعد زوال المثبط

ثانيا: مثبطات لها تأثير دائم على الإنزيم فلا يستعيد الإنزيم نشاطه بزوال تأثير المثبط.

أنواع المثبطات:

١- **المواد المثبطة بالتنافس**: وفيه يكون المثبط له تركيب مشابه للمادة التي يؤثر عليها الإنزيم، وحيث أن الإنزيم يرتبط بالمادة المتفاعلة مكونا مركبا وسيطا ثم ينفصل معطيا الإنزيم ونواتج التحلل فإن المادة المثبطة تتحد مع الإنزيم لتماثلها مع المواد المتفاعلة وتظل عالقة لا تنفصل عنه فتوقف نشاطه. ويمكن الإقلال من تأثير هذا النوع من المثبطات بزيادة تركيز مادة التفاعل المستهدفة.

٢- **التثبيط اللاتنافسي**: هي مثبطات ترتبط بالإنزيم في مواقع غير تلك التي ترتبط بها المواد المتفاعلة (المراكز النشطة) وتسمى بالمثبطات الغير تنافسية حيث أنها لا تنافس مادة التفاعل ولا تؤثر على ارتباطها بالانزيم ولكن تؤثر على التركيب الثلاثي الفراغي للإنزيم وبالتالي تعطل قدرته وكفاءة المراكز النشطة، ولا يمكن إزاحة هذا النوع من المثبطات بزيادة تركيز مادة التفاعل ويتوقف درجة التثبيط على تركيز المثبط فقط.

٣- **التثبيط عن طريق الناتج الأخير**: ويحدث عندما يكون للناتج الخير القدرة على تثبيط الخطوة الأولى وهي ارتباط المادة المتفاعلة مع الإنزيم وبالتالي تثبط كل الخطوات التالية ويثبط التفاعل.

تصنيف الإنزيمات وتسميتها:

- عندما عرفت الإنزيمات أعطيت أسماء بسيطة مشتقة من طبيعة عملها أو مكان وجودها، مثل إنزيم البيسين 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 ووجود أكثر من إنزيم للهدف الواحد تم وضع الاتحاد الدولي للكيمياء الحيوية 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 :-

١-**إنزيمات الأكسدة والاختزال Oxidoreductases:**وهي تقوم بنقل الإلكترونات من مادة الهدف إلى أخر فتؤكسد الأولى وتختزل الثانية: مثل Oxidases وDehydrogenases.

٢- **إنزيمات النقل Transferases:** وتشمل جميع الإنزيمات التي تعمل على نقل مجموعة كيميائية من هدف إلى آخر، مثل الإنزيمات التي تنقل مجموعة الفوسفات من ATP إلى الجلوكوز.

٣- **إنزيمات التحلل المائي Hydrolases:** وهي تقوم بتحطيم بعض الروابط بإضافة الماء، ومنها الإنزيمات التي تعمل على تميؤ أو تحلل الروابط الجلايكوسيدية والإسترية والببتيدية، مثل إنزيم Amylase . و Sucrase

٤- **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.

٥- **إنزيمات التشكل Isomerases**: وتشمل جميع الإنزيمات التي تعمل على تحويل المادة الهدف إلى متشكل آخر. مثل تحول الجلوكوز-٦- فوسفات إلى فركتوز-٦- فوسفات بواسطة إنزيم فوسفوهيكسوزايزومريز phosphohexose isomerase

٦-**إنزيمات الارتباط 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 الخلي

الدهون Lipids

تتميز هذه المجموعة من المركبات عن البروتينات والسكريات بتنوعها الكبير وعدم تجانسها ، حيث تضم مركبات تختلف كثيرا في التركيب الكيميائي والوظيفة ، لكنها تشترك في عدم قابليتها للذوبان في الماء وذوبانها في المذيبات العضوية. ويشمل هذا التعريف مجموعة كبيرة من المركبات ، مثل الفيتامينات و الصبغات و الهرمونات بالإضافة إلى الدهون بمفهومها الشائع.

وظائف الدهون: للدهون وظائف متعددة في الخلايا الحية من أهمها:

- مخزون طاقة ذو فعالية كبيرة ، حيث تخزن الدهون لفترات طويلة وبكميات كبيرة ، وتعطي عند احتراقها كمية من الطاقة أكبر مما تعطيه السكريات والأحماض الأمينية.
- لا يحتاج تخزين المادة الدهنية إلى الماء نظرا لطبيعتها الكارهة للماء ، بخلاف تخزين السكريات والبروتينات.
- للدهون أدوار تركيبية في الأغشية الحيوية ، حيث تكون الطبقة المزدوجة التي تحافظ على سلامة الخلية و العضيات.
- للكثير من المواد الدهنية أدوار هرمونية ، وخاصة منها الهرمونات الجنسية.
- بعض المواد الدهنية عبارة عن فيتامينات ومساعدات إنزيمات ، مثل الفيتامينات A و D و E و K ...إلخ.

الأحماض الدهنية :

هي أحماض عضوية تحتوي من 4 إلى 36 ذرة كربون ، لكن المنتشرة منها تحتوي من 12 إلى 24 ذرة كربون ، وخاصة تلك المحتوية على 16 و18 ذرة كربون ، وهي أحماض زوجية ذرات الكربون لأنها تصنع من تكاثف مركب ثنائي الكربون هو أسيتيل- مساعد الإنزيم، تحتوي الأحماض الدهنية على مجموعة كربوكسيل واحدة وسلسلة هيدروكربونية غير متفرعة ، قد تكون مشبعة (لا تحتوي روابط مزدوجة) أو غير مشبعة (تحتوي على رابطة مزدوجة أو أكثر). ترقم ذرات الكربون في الحمض الدهني من مجموعة الكربوكسيل إلى مجموعة الميثيل (CH_3) الطرفية.

الصيغة العامة: تكتب الصيغة العامة للأحماض الدهنية المشبعة كما يلي: $C_nH_{2n}O_2$، أما الصيغة الأحماض الدهنية غير المشبعة كما يلي : $C_nH_{2n-2x}O_2$. حيث n عدد ذرات الكربون، وx عدد الروابط المزدوجة في الحمض الدهني.

تسمية الأحماض الدهنية: لكل حمض دهني اسم شائع ، كما أن لكل حمض دهني تسمية علمية مختصرة تضم عدد ذرات الكربون بالإضافة إلى عدد وموضع الروابط المزدوجة إن وجدت.

فمثلا يسمى حمض البالميتيك C16:0 ، بينما يسمى حمض الأوليبك بـ ^{9} C18:1 ، حيث يشير الرقم 1 إلى عدد الروابط المزدوجة ، بينما ^{9} يشير إلى وضع الرابطة المزدوجة بين الكربون رقم 9 و 10 . عند وجود أكثر من رابطة مزدوجة واحدة في الحمض الدهني فإنها تكون مفصولة عن بعضها (غير متجاورة) بمجموعة ميثيلين واحدة .

عدد ذرات الكربون n	الاسم الشائع	الاسم المختصر	الصيغة
الأحماض الدهنية المشبعة			
12	Lauric acid	12:0	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$
14	Myristic acid	14:0	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$
16	Palmitic acid	16:0	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$
18	Stearic acid	18:0	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
20	Arachidic acid	20:0	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$
الأحماض الدهنية غير المشبعة			
16	Palmitoleic acid	16:1	$CH_3(CH_2)_5CH{=}CH(CH_2)_7COOH$
18	Oleic acid	18:1	$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$
18	Linoleic acid	18:2	$CH_3(CH_2)_4(CH{=}CHCH_2)_2(CH_2)_6COOH$
18	α-Linolenic acid	18:3	$CH_3CH_2(CH{=}CHCH_2)_3(CH_2)_6COOH$

تقسيم الدهون :

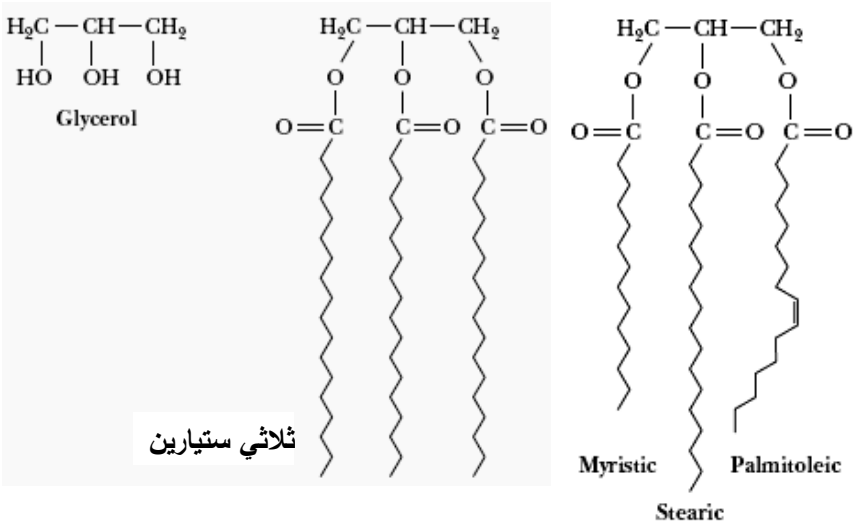
تقسم الدهون عادة إلى عدة أقسام حسب تركيبها الكيميائي، أو حسب درجة عدم القطبية (الكراهة للماء). من الناحية الوظيفة تقسم الدهون إلى دهون خزنية وغشائية (بنائية).

1. الدهون الخزنية :

وتضم بالدرجة الأساسية الغليسريدات الثلاثية و بعض الشموع.

أ.الغليسريدات الثلاثية (TG) : وهي أسترات للغليسرول مع ثلاثة أحماض دهنية. قد تكون الغليسريدات الثلاثية متجانسة عند احتواءها على نوع واحد من الأحماض الدهنية ، مثل ثلاثي الستيارين أو ثلاثي الأوليين. وقد تكون الغليسريدات الثلاثية غير متجانسة عند احتواءها على نوعين أو ثلاثة أنواع من الأحماض الدهنية.

أغلب الدهون الخزنية النباتية والحيوانية هي غليسريدات ثلاثية متجانسة أو غير متجانسة ، تختلف خصائصها الفيزيائية بإختلاف أحماضها الدهنية. تكون الشحوم الحيوانية في حالة صلبة عند درجة حرارة الغرفة ، نظرا لإحتواءها على أحماض دهنية مشبعة ، بينما تكون الزيوت النباتية مثل زيت الزيتون وزيت عباد الشمس وزيت الفول السوداني وزيت الصويا في حالة سائلة ، نظرا لوجود نسبة كبيرة من الأحماض الدهنية غير المشبعة.



يتم تخزين الدهون في أجسام الثدييات ، وبدرجة أساسية تحت الجلد وخاصة في منطقة البطن في خلايا خاصة تسمى الخلايا الشحمية ويمكن للإنسان البالغ تخزين كميات كبيرة من الدهون تصل إلى 20 كلغ ، والتي يمكن استخدامها كمادة غذائية عند الحاجة. في بعض الحيوانات تمثل المادة الدهنية المخزنة كل الاحتياجات الغذائية ، كما في حالة السبات الشتوي وفي حالة الطيور المهاجرة. كما يمكن للخلايا الحيوانية العادية أن تخزن كميات من الدهون تظهر تحت المجهر في شكل قطرات دهنية.

بالإضافة إلى كونها مصدر غني بالطاقة ومخزون طويل المدى ، فإن للدهون المخزنة تحت الجلد في بعض الحيوانات الثديية دور عازل في المناطق الباردة مثل حيوانات الفقمة و فيل البحر ، وكذلك في الحيوانات التي في طور السبات، وفي حيوانات أخرى مثل الحوت ، يكون للغليسريدات الثلاثية دور خاص في تغيير كثافة الحيوان لتصبح مشابهة لكثافة الوسط ، وذلك بتحولها من الحالة السائلة إلى الصلبة لمساعدة الحيوان على البقاء في الأعماق حيث المياه الباردة. في هذه الأعماق يجد الحوت احتياجاته من الغذاء دون منافس.

في الخلايا النباتية يتم تخزين المادة الدهنية في البذور ، حيث يعاد استخدامها كمادة غذائية يتم تحويلها عند الإنبات إلى سكريات وأحماض أمينية وغيرها من المواد الضرورية لنمو البادرة. كما تستخدم هذه البذور من الناحية الإقتصادية في إستخراج الزيوت الغذائية المختلفة ، حيث تصنف النباتات ذات البذور الزيتية ضمن المحاصيل الصناعية مثل عباد الشمس.

ب. الشموع :

تصنف الشموع أحيانا في نفس المجموعة مع الغليسريدات الثلاثية لكونها دهون متعادلة وبسيطة (تحتوي C و H و O فقط) . والشموع هي أسترات لأحماض دهنية مشبعة أو غير مشبعة طويلة السلسلة مع كحولات طويلة السلسلة. وهي أكثر صلابة من الغليسريدات الثلاثية ، حيث تتراوح نقطة انصهارها من 60 إلى 100 درجة. يتكون شمع خلايا النحل مثلا من حمض البالميتيك وكحول مشبع مكون من 30 ذرة كربون.

للشموع أدوار مختلفة في الكائنات الحية ، فقد تؤدي أدوار خزنية في بعض الحيوانات ، ولكنها ذات أدوار تركيبية في الغالب.

يتم إفراز المادة الشمعية من طرف الغدد الجلدية في الكثير من الحيوانات لحماية الشعر والجلد والمحافظة على مرونتها ، ومنع تسرب الماء منها وإليها. تقوم الطيور المائية مثلا بإفراز كميات معتبرة من الشموع تغلف الريش وتجعله غير قابل لتشرب الماء.

وفي النباتات تقوم الشموع بأدوار تركيبية أساسية ، حيث تتواجد على سطح الأوراق مكونة طبقة عازلة ضد الإصابة بالحشرات ، وكذا للتقليل من فقد الماء بعملية التبخر. تمتاز نباتات المناطق الجافة بإحتواءها على أدمة سميكة ذات طبقة سميكة من الشموع للتقليل من فقد الماء ، وتعتبر هذه الظاهرة أحدى طرق تأقلم النباتات مع ظروف نقص الماء والحرارة الشديدة .

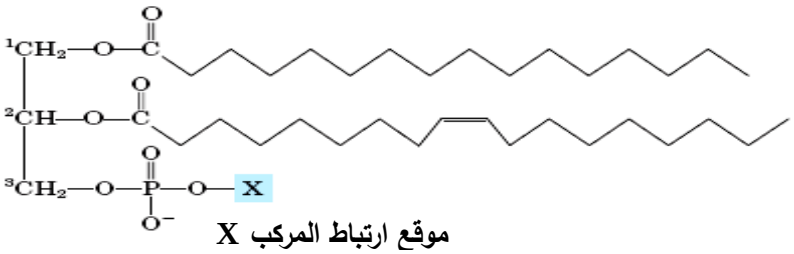
كما أن للشموع أهمية اقتصادية ، حيث تستخدم في الكثير من الصناعات الكيمياوية مثل مواد التجميل والصناعات الصيدلانية.

2. **الدهون التركيبية (الغشائية)** :

تتكون الأغشية الحية من طبقة مزدوجة من الدهون ، مكونة حاجز يمنع نفاذ المركبات القطبية والأيونات. تنتمي الدهون المكونة للأغشية إلى عدة أقسام هي:

1- **الدهون الفوسفاتية (فوسفوليبيد):** وهي دهون محتوية على الفوسفات واهمها:

- الفسفوغليسريدات : تتكون من إتحاد الغليسرول مع حمضين دهنيين في الأوضاع 1 و 2 و مجموعة فوسفات في الوضع 3 ، بالإضافة إلى كحول يرمز له بالحرف x . يوجد 6 أنواع من الغليسروفسفولسبيدات تختلف فيما بينها بإختلاف المركب X كما يلي :

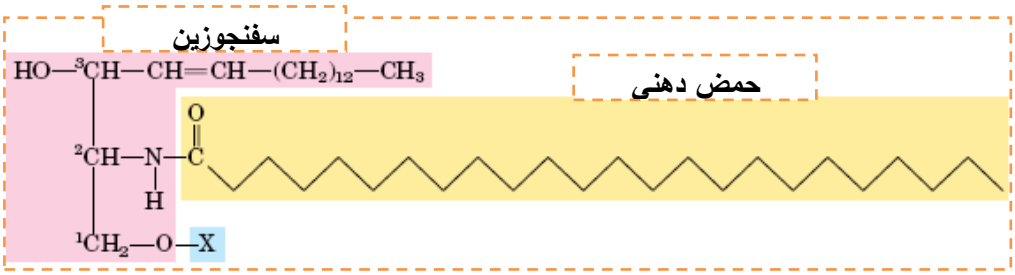


ب - السفجوليبيدات :

تتكون من إتحاد كحول أميني طويل السلسلة (18 ذرة كربون) يسمى سفنجوزين مع حمض دهني برابطة أميدية في C2 وكحول x قد يحتوي على مجموعة فوسفات كجسر يربطه بالسفنجوزين في C1. قد يصنف جزء من السفنجوليبيدات المحتوية على الفسفات (السنجومايلين مثلا) مع الدهون الفوسفاتية ، بينما يصنف الجزء المتبقي منها (سربروزيد و جنجليوزيد) مع الدهون السكرية ، نظرا لإحتواءها على جزيء واحد أو أكثر من السكر الأحادي يمثل المركب x.

يمكن تقسيم السفنجوليبيدات (الدهون المحتوية على كحول السفنجوزين) إلى 3 أقسام هي:

- **سفنجومايلين** : تتكون من إتحاد السفنجوزين مع حمض دهني في الوضع C2 ومركب فسفوكولين في الوضع C1 .



يتواجد هذا النوع في أغشية الخلايا الحيوانية وخاصة في غمد النخاعين المغلف لمحور الخلية العصبية.

- **السربروزيدات** : تتكون من إتحاد السفنجوزين مع حمض دهني في الوضع C2 وسكر الغلوكوز أو الغلكتوز في الوضع C1 لإنتاج glucosylcerebroside أو galactosylcerebroside. تتواجد هذه الأنواع من الدهون في أغشية الخلايا العصبية في الدماغ ومنها جاءت التسمية.

- **جنجليوزيد:** تتكون من إتحاد السفنجوزين مع حمض دهني في الوضع C2 وسكر مركب (أوليجوسكريد) متكون من عدة سكريات أحادية في الوضع C1 للسنفجوزين.

ج - الستيرويدات :

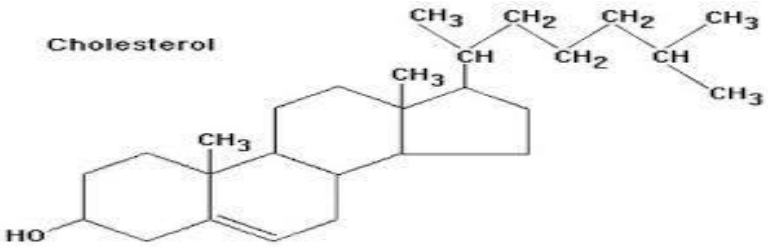
وهي مجموعة كبيرة من المركبات تشترك في إحتواءها على النواة المكونة من 4 حلقات كيميائية ، 3 منها سداسية (C, B, A) والرابعة (D) خماسية الكربون.

تضم هذه المجموعة مركبات تتنوع أدوارها من هرمونات ، فيتامينات ، صبغات وكذا كمكونات للأغشية الحية ، مثل الستيرولات النباتية والحيوانية.

الستيرولات :

تدخل في تركيب الأغشية الخلوية في الخلايا ذات النواة الحقيقية ولا تتواجد عادة في أوليات النوى مثل البكتريا. تتكون الستيرولات من النواة الحلقية الرباعية ، بالإضافة إلى سلسلة هيدروكربونية في C17 ومجموعات ميثيل جانبية تمتد خارج الحلقات ، كما تحتوي الستيرولات على مجموعة هيدروكسيل (OH) في C3 ، تمثل الجزء الصغير المحب للماء في جزيء الستيرول.

يعتبر الكولسترول أهم الستيرولات الحيوانية ، حيث يحتوي الغذاء ذو المصدر الحيواني على كولستيرول وخاصة البيض ، الحليب ومشتقاته (الزبدة والجبن) وكذا اللحوم. تكون نسبة من الكولستيرول في الغذاء في صورة مرتبطة على هيئة إسترات الكولستيرول ، لذلك فإن الغذاء يحتوي على الكولستيرول الحر والمرتبط، و تتواجد أنواع إسترات الكولستيرول بكثرة في البروتينات الدهنية لبلازما الدم والكبد في الإنسان ، حيث تكون حوالي 80% من الكولستيرول الكلي في البروتينات الدهنية ذات الكثافة المنخفضة LDL ، وحوالي 90% في البروتينات الدهنية ذات الكثافة العالية HDL . كما تعتبر إسترات الكولستيرول وسيلة لتخزين الفائض من الكولستيرول التي قد تتراكم داخل الشرايين.



- البروتينات الدهنية (الليبوبروتينات):

وهي بروتينات مرتبطة بالدهون بروابط غير تساهمية ، ويتواجد منها في بلازما الدم عند الإنسان عدة أنواع تصنف حسب كثافتها إلى 3 أقسام هي:

البروتينات الدهنية ذات الكثافة العالية High Density Lipoprotein (HDL).

البروتينات الدهنية ذات الكثافة المنخفضة Low Density Lipoprotein (LDL).

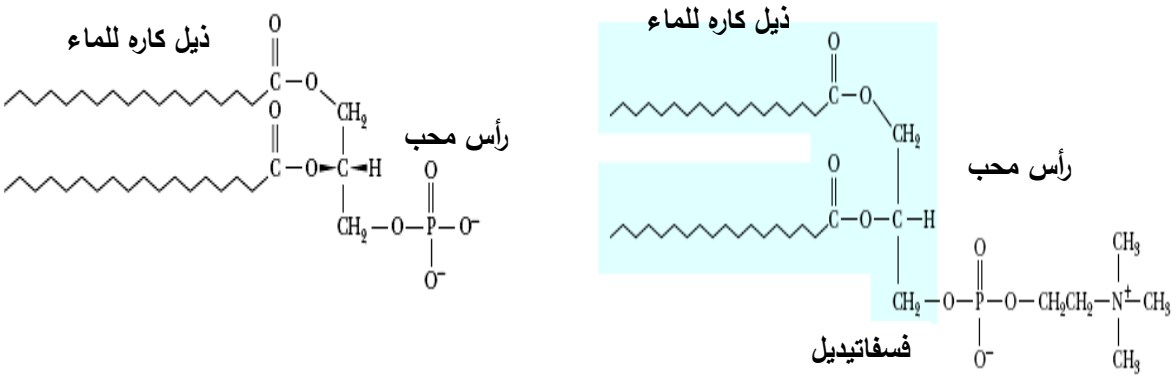
البروتينات الدهنية ذات الكثافة المنخفضة جدا Very Low Density Lipoprotei (VLDL)

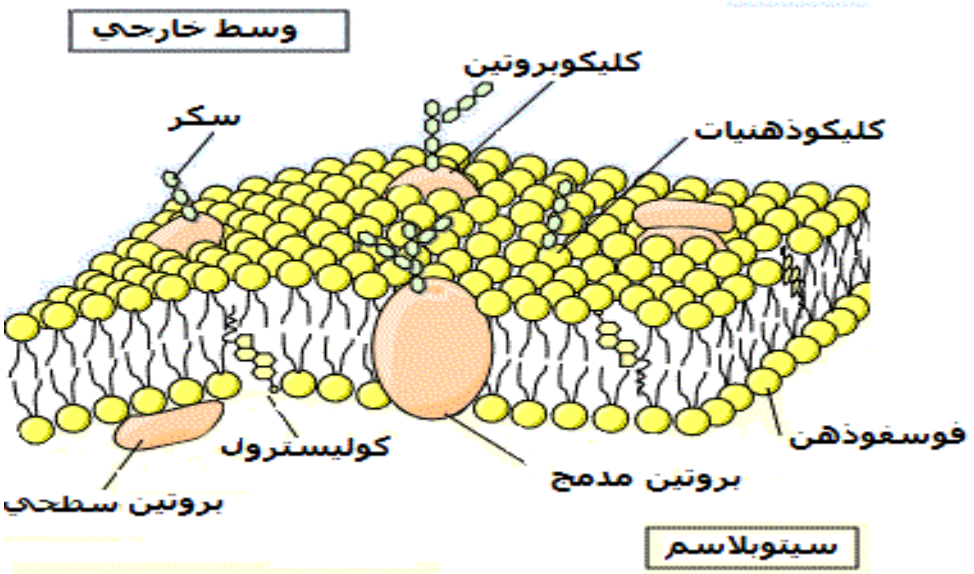
يحتوي الجزء الدهني للبروتينات الدهنية على خليط من الغليسريدات الثلاثية والدهون القطبية (المكونة للأغشية) وكذلك الكولستيرول في صورة حرة ومرتبطة (إسترات الكولستيرول). تعتبر البروتينات الدهنية تجمعات للبروتين

والمادة الدهنية ، حيث يتم تغليف الدهون بالسلاسل البروتينية مما يجعل الحبيبات المتكونة قابلة للذوبان في الماء ويسهل نقلها في بلازما الدم ، وتمتاز الدهون بقلة كثافتها مقارنة بالبروتين ، لذلك تقل كثافة البروتينات الدهنية بزيادة نسبة الدهون فيها.

سلوك الدهون في الماء:

نظرا لطبيعتها الكارهة للماء ، تأخذ الدهون عند وضعها في الوسط المائي تجمعات ذات أشكال محددة تحاول عن طريقها تجنب جزيئات الماء. تتميز الدهون المكونة للأغشية بالخاصية ثنائية القطبية ، وذلك لإحتواءها على رأس قطبي (محب للماء) وذيل غير قطبي (كاره للماء) تمثله عادة السلاسل الهيدروكربونية للأحماض الدهنية أو لجزيء السنفنجوزين.





مخطط الغشاء البلازمي ثنائي الطبقة

الأحمـــاض النووية Nucleic Acid

الأحماض النووية هي عبارة عن جزيئات جسيمة توجد في جميع الخلايا الحية في صورة طليقة أو متحدة مع البروتين ، وبدأ علماء (الكيمياء الحيوية) أبحاثهم على الأحماض النووية منذ حوالي مائة عام مضت حين إستطاعوا فصلها من أنوية الخلايا فالأحماض النووية توجد في كل الخلايا الحية حيث أنها ليست فقط مسؤولة عن حمل وانتقال التعليمات الجينية (الصفات الوراثية) ولكنها تتحكم أيضاً في ترجمة هذه التعليمات عند تكوين البروتينات المختلفة بالخلايا وذلك بتحكمها في ترتيب وتتابع الأحماض الأمينية لكل بروتين يتكون بكل خلية والأحماض النووية لها وزن جزيئي مرتفع وهي عبارة عن نيوكلتيدات (بولي نيوكلتيدات) وحداتها البنائية هي النيوكلتيدات.

وكانت الدراسات الكيميائية في بادئ الأمر تجري على أحماض النيوكليك من مصدرين : أحدهما الخميرة، ووجد أنها تحتوي على سكر ريبوز ولذلك سميت بأحماض الريبو نيوكليك (RNA) والثاني من الغدة التيموسية بالعجول ووجد أنها تحتوي على سكر دي – أوكسي – ريبوز ، ولذلك سميت بأحماض الدي – أوكسي – ريبونيوكليك (DNA) مما أدى إلى الإعتقاد لبعض الوقت بأن الحمض الأول خاص بالنباتات والثاني خاص بالحيوانات ، ثم اتضح أن (DNA) موجود بالنواة وأن(RNA) موجود في السيتوبلازم. ونتيجة للدراسات الحديثة بطرق التحليل المحسنة أمكن العثور على كميات صغيرة من (DNA) في الميتوكوندريات والبلاستيدات الخضراء كما أمكن التعرف على (RNA) في النواة متصلاً بالنوية.

أنواع الأحمـاض النووية:

يوجد نوعين من الأحماض النووية كما تقدم..هما:

أ. الحامض الرايبونيوكلتيدي Ribonucleic Acid (RNA)

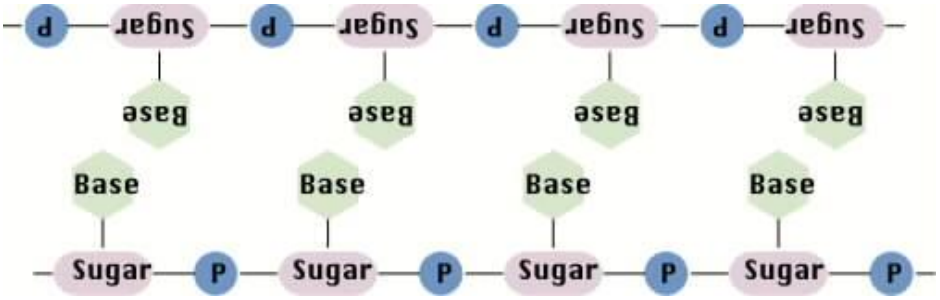
ب. الحامض الديؤكسي رايبونيوكلتيدي Deoxyribonucleic Acid (DNA)

ويتكون البناء الأساسي لهذه الأحماض من سلاسل بها جزيئات حامض فسفوريك وسكر بالتبادل ويتصل بكل من جزيئات السكر قاعدة نيتروجينية إما من نوع البيورين أو البيرميدين ، والسكر الموجود بجزيء الحامض الرايبونيوكلتيدي (RNA) هو سكر الرايبوز بينما في جزيء الحامض الديؤكسي رايبونيوكلتيدي (DNA) فهو سكر الديؤكسي رايبوز..

مكونات ألاحماض النوويه :

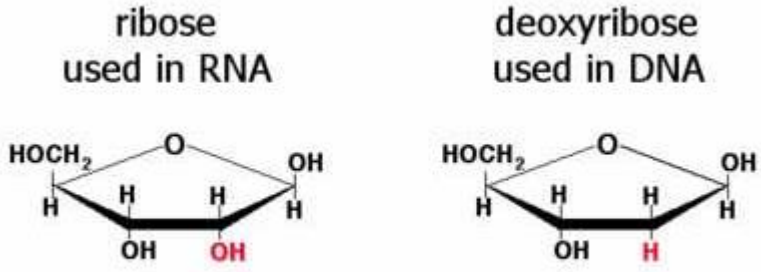
يتكون حمض النووي من ثلاثة أنوع من المركبات كما ذكرنا:

- حامض الفسفوريك.
- سكر خماسي الكربون وهو سكر الرايبوز أو دي – أوكسي – رايبوز.
- وقواعد نيتروجينية تتبع البيورينات أو البيرميدينات ،،،،



السكر الخماسي Pentose Sugar

يوجد بالأحماض النوويه نوعان من السكر الخماسي ، أحدهما هو **رايبوز** ويوجد في الـ (RNA) ، والثاني ديؤكسي رايبوز ويوجد في حمض (DNA) ، شكل (4). ومن الخصائص الهامة للسكر الخماسي هو قدرة المجموعات الهيدروكسيلية (OH) على تكوين إسترات مع حمض الفسفوريك



البيورينات والبيرميدينات Pruines & Pyrimidine

1/قواعد بيورينية :

- ☒ أدينين Adenine
- ☒ جوانين Guanine

2/ قواعد بيرميدينية : وهذه القواعد مشتقة من البيرميدين بإستبدال ذرات الهيدروجين

- ☒ سيتوزين Cytosine
- ☒ يوراسيل Uracil
- ☒ ثايمين Thymine

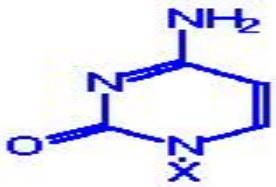
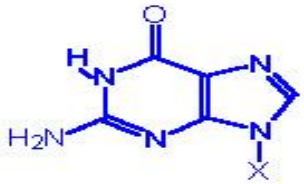
ويحتوي كلاً من الحمضيين النوويين DNA و RNA على القاعدتين النتروجينيتين من البيورين وهما الأدينين Adenine والجوانين Guanine ونجد أيضاً أن كلاً من الحمضيين النوويين DNA و RNA يحتوي على قاعدة نيتروجينيه من نوع البيرميدين وهي سايتوزين Cytosine ولكنهما يختلفان في القاعدة النيتروجينيه الثانية من نوع البيرميدين فبينما يحتوي الحمض النووي RNA على القاعدة النيتروجينيه يوراسيل Uracil يحتوي الحمض النووي DNA على القاعدة النيتروجينيه ثايمين Thymine

النيوكليوزيدات Nucleosides

النيوكليوزيدات هي مركبات ناتجة من اتحاد أحد جزيئات القواعد النتروجينية من نوع البيورين أو البيرميدين مع جزيء السكر بيتا- رايبوز أو بيتا- ديؤكسي رايبوز برابطة جليوكسيدية (بيتا) ، وفيها تتصل القاعدة النتروجينية مع مجموعة هيدروكسيل هيمي أسيتال على ذرة الكربون الأولى للسكر. ومكان اتصال القاعدة النتروجينية بالسكر هو ذرة النيتروجين رقم 9 في البيورينات (الأدينين والجوانين) بينما في البيرميدين فمكان الاتصال مع السكر هو ذرة النيتروجين رقم 1

النيوكليتيدات Nucleotides

النيوكليتيدات هي إسترات حمض الفوسفوريك للنيوكلوزيدات وهناك واحد من أهم النيوكليتيدات الموجودة طبيعياً وهو الأدوينوسين أحادي الفوسفات وهذا المركب(AMP)مع إثنين من مشتقاته وهما أدينوسين ثنائي الفوسفات(ADP)وأدينوسين ثلاثي الفوسفات(ATP)يلعب دوراً هاماً في حفظ الطاقة وفي الإستفادة من الطاقة المنطلقة خلال عمليات التمثيل الغذائي بالخلايا والأهمية الفسيولوجية لهذه المركبات تكمن في قدرتها على إعطاء وإكتساب مجموعات فوسفاتية في التفاعلات البيوكيميائية وتسمى النيوكليوزيدات والنيوكليتيدات تبعاً للقاعدة النيتروجينية الموجوده بها وتسميتها

Base Formula	Base (X=H)	Nucleoside X=ribose or deoxyribose	Nucleotide X=ribose phosphate
	Cytosine, C	Cytidine, A	Cytidine monophosphate CMP
	Uracil, U	Uridine, U	Uridine monophosphate UMP
	Thymine, T	Thymidine, T	Thymidine monophosphate TMP
	Adenine, A	Adenosine, A	Adenosine monophosphate AMP
	Guanine, G	Guanosine, A	Guanosine monophosphate GMP

تركيب حامض RNA:

يكون الـ (RNA) بين 5-10% من الوزن الكلي للخلية وهناك 3 أنواع رئيسية من هذا الحامض النووي :

RNA الرسول (Messenger RNA) .

RNA الرايبوسومي (Ribosomal RNA) .

RNA الناقل (Transfer RNA) .

ولكل نوع من الأنواع الثلاثة وزن جزيئي وتركيب خاص به من القواعد النيتروجينية. ويحتوي كلاً من الحمضيين النوويين DNA و RNA على القاعدتين النيتروجينيتين من البيورين وهما الأدينين Adenine والجوانين Guanine ونجد أيضاً أن كلاً من الحمضيين النوويين DNA و RNA يحتوي على قاعدة نيتروجينيته من نوع البيرميدين وهي سايتوزين Cytosine ولكنهما يختلفان في القاعدة النيتروجينيته الثانية من نوع البيرميدين فبينما يحتوي الحمض النووي RNA على القاعدة النيتروجينيته يوراسيل Uracil يحتوي الحمض النووي DNA على القاعدة النتروجينية ثايمين Thymine .

مقارنة بين DNA و RNA

وجه المقارنة	DNA	RNA
التسمية	Deoxy ribonucleic Acid	Ribo Nuclic Acid
أماكن التواجد	النواة	يخلق في النواة ويخرج إلى السيتويلازم
الشكل	شريط مزدوج	شريط مفرد
الوحدة البنائية	النيوكليوتيدة	الرايبو نيوكليوتيدة
الحالة	يوجد بشكل ثابت	يهدم ويعاد بناءه باستمرار
الوظيفة	يمثل المادة الوراثية في جميع الكائنات الحية	يترجم الشفرة وينقلها ثم يكون الحمض الامينى
أنواعه	نوع واحد	ثلاث أنواع m.RNA و t.RNA وr.RNA
التركيب الكيميائى	عديد النيوكليوتيد او بولى نيوكليوتيدات	احادى السلسلة النيوكليوتيدية
السكر الخماسي	داي اوكسى ريبوز منزوع منه ذرة o2	سكر خماسي ريبوزى
القواعد النيتروجينية	A-C-T-G	A-C-G-U

خواص الأحماض النووية Properties Of Nucleic Acid

تمتص القواعد النتروجينية من نوع البيورين والبيرميدين الموجودة في الأحماض النووية الأشعة الفوق بنفسجية بدرجة كبيرة عند موجة ذات طول 260 نانوميتر (260 nm) . وتستخدم هذه الخاصية لتقدير هذه القواعد النتروجينية كمياً لتقدير نيوكليتيداتها وأيضاً الأحماض النووية الداخلة بتركيبها .

وعلى كل حال فان الحمض النووي DNA له معامل امتصاص نوعي عند طول الموجة 260 نانومتير يقل بمقدار حوالي 35 – 40 % عن معامل الامتصاص النوعي المتوقع من حاصل جمع الامتصاص لك قاعدة (على حدة) من القواعد الداخلة بتركيب الحمض النووي DNA . وهذه النظرية تمسى بنظرية التاثير الهيبوكرومي (Hypochromic) . وهذا الانخفاض في درجة الامتصاص النوعي للأشعة فوق البنفسجية بالنسبة للقواعد النتروجينية المتحدة بجزيئات الحمض النووي DNA عن نظيراتها القواعد الحرة نتيجة لتكون روابط هيدروجينية بين القواعد النتروجينية المتراكبة الواحد فوق الأخرى في كل من السلسلتين الحلزونيتين للحمض النووي DNA . وهذه الخاصية مفيدة في تقرير درجة الحلزونية (Helicity) للحمض النووي DNA .

وعند تسخين الحمض النووي DNA المبلمر بدرجة كبيرة ببطء فان السلسلتين حلزونيتي الشكل به تبتعدان عن بعضهما وتسمى عملية الابتعاد هذه بعملية انفصال أو تشتيت السلسلتين Melting)). وهذا التحول من الشكل الحلزوني ذو السلسلتين إلى أي شكل عشوائي يحدث خلال رفع درجة الحرارة عدداً قليلاً من الدرجات ونتيجة لهذا التحول تزداد درجة الامتصاص النوعي . وتسمى درجة الحرارة التي يحدث عندها الزيادة المفاجئة في الامتصاص للأشعة فوق البنفسجية بدرجة حرارة الانفصال (Melting temperature Tm) للحمض النووي . ولكل نوع من أنواع الحمض النووي DNA درجة Tm خاصة به . أما عند إعادة تبريد المحلول ببطء فانه يحدث إعادة لتكوين الشكل الحلزوني ذو السلستين مع إمكانية حدوث تبادل بين السلاسل وتسمى هذه العملية Annealing .

إنتاج البروتين :

ما الذي يقرر كيف تترتب الحوامض الأمينية داخل جزيء البروتين وكم يكون عددها وأية أنواع تشترك في بنائه؟

الجواب على هذا السؤال هو تسلسل وعدد النيوكليوتيدات في أل DNA . في خلايا الحيوان والنبات والإنسان توجد الكروموسومات داخل مبنى محدّد ومحاط بغشاء هو النواة، بينما يتم إنتاج البروتينيات في السيتوبلازما. لا تستطيع الكروموسومات أن تنتقل من النواة إلى السيتوبلازما بسبب كبر حجمها، فكيف إذن تستطيع هذه الكروموسومات أن تسيطر على إنتاج البروتينيات الذي يحصل في مكان آخر؟

الجواب على هذا السؤال هو أنّ "نسخاً" من المعلومات الوراثية تنتقل من النواة إلى السيتوبلازما على شكل مادة أخرى هي أل RNA. لا يتم نسخ كل الكروموسومات وإنما الجينات الفعالة في كل خلية. الجينات هي قطاعات صغيرة نسبياً ولذلك الجزيئات المنسوخة عنها صغيرة هي الأخرى وبإمكانها الانتقال من النواة إلى السيتوبلازم .

نسخ أل RNA عن الجين المعيّن يتم على النحو التالي:

1- إنزيم DNAase يفك سلسلتي أل DNA المؤلفتين للجين.

2- إنزيم RNA بوليميريز يقوم بربط نيوكليوتيدات حرة إلى النيوكليوتيدات الموجودة في إحدى السلسلتين ، بحيث أنّ C يتحد مع G وأنّ U يتحد مع A . يقوم هذا الإنزيم بنسخ الجين من بدايته وحتى نهايته مكوناً جزيئات RNA فيها تسلسل من النيوكليوتيدات شبيه بالتسلسل الموجود في الجين مع اختلاف واحد هو أنّ القاعدة النيتروجينية U تأتي بدل القاعدة النيتروجينية T . هذا الإخلاف لا يغيّر من المعلومات الوراثية لأن أنظمة الخلية "تقرأ" هذين الرمزين وكأنهما رمز واحد.

3- تنفصل جزيئات ال RNA عن ال DNA وتنتقل إلى السيتوبلازما.

تسمى العملية السابقة نسخ (translation) .

الهرمونات

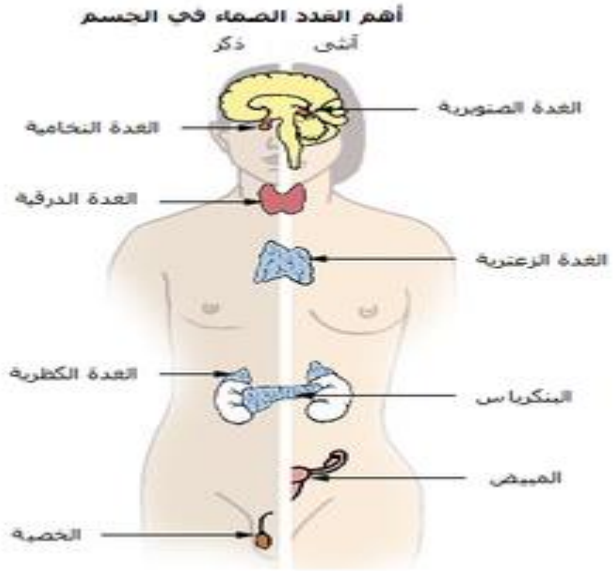
تنظم وظائف الجسم بجهازي تحكم رئيسيين:

1- الجهاز العصبي.

2- الجهاز الهرموني، أو جهاز الغدد الصماء.

و بصورة عامة، يعنى جهاز الغدد الصماء بصورة رئيسية بالتحكم بمختلف الوظائف الاستقلابية للجسم، مثل: معدلات التفاعلات الكيميائية في الخلايا ،أو نقل المواد خلال أغشيتها ،أو النواحي الأخرى للاستقلابات الخلوية مثل النمو والإفراز. و تتم بعض التأثيرات الهرمونية بعد تخزين وإفراز الهرمونات خلال ثوان، بينما يحتاج بعضها الآخر إلى عدة أيام لمجرد بدئها ولكنها تستمر بعد ذلك لعدة أسابيع أو حتى لأشهر وفقا لاختلاف كيمياء الهرمونات.

و يوجد العديد من العلاقات البينية بين الجهازين الهرموني والعصبي ؛ فمثلا: هناك على الأقل غدتان تفرزان هرموناتها بصورة تامة تقريبا استجابة للمنبهات العصبية المناسبة، وهما لب الغدة الكظرية والغدة النخامية. و تحكم مختلف الهرمونات النخامية بدورها إفرازات معظم الغدد الصماء الأخرى.



طبيعة الهرمونات

الهرمون هو مادة كيميائية تفرز إلى سوائل الجسم من خلية واحدة أو من مجموعة خلايا ولها تأثير تحكمي فيزيولوجي على خلايا أخرى في الجسم من خلال استجابات مستقبلات الهرمون الخاصة بكل هرمون ؛ فالبعض منها هرمونات موضعية local والبعض الآخر هرمونات عامة.general

والأمثلة على الهرمونات الموضعية هي: الأستيل كولين الذي يحرر عند النهايات العصبية والهيكيلية. معظم الهرمونات العامة تفرز من الغدد الصماء ومن أمثال هذه الهرمونات الأدرينالين ، والنورابينفرين ، اللذان يفرزان من لب الغدة الكظرية استجابة للتنبيه العصبي السيمباثاوي (اللاارادي) وينقل هذان الهرمونان في الدم إلى كل أقسام الجسم ليولدا العديد من الاستجابات المختلفة، وخاصة تضيق الأوعية الدموية وارتفاع ضغط الدم.

والبعض من الهرمونات العامة تؤثر على كل أو معظم خلايا الجسم .والأمثلة على ذلك هرمون النمو هرمون النمو المفرز من الغدة النخامية الأمامية، الذي يسبب النمو في كل أو في معظم أقسام الجسم، وهرمون الغدة الدرقية هرمونات الغدة الدرقية المفرز من الغدة الدرقية، الذي يزيد سرعة معظم التفاعلات الكيميائية في كل خلايا الجسم تقريبا.

ولكن هناك هرمونات أخرى تؤثر فقط على أنسجة معينة تسمى الأنسجة المستهدفة target tissues لأن لهذه الأنسجة فقط مستقبلات الهرمون خاصة للخلايا المستهدفة ترتبط بهذه الهرمونات لتبدأ فعاليتها. فمثلا ؛ الهرمون الموجه لقشر الكظر الهرمون الموجه لقشر الكظر من الغدة النخامية أمامية تنبه بصورة خاصة قشر الكظر، وتسبب إفرازها للهرمونات القشرية الكظرية. وكذلك هرمونات المبيض ovarian hormones التي لها تأثيرات خاصة على الأعضاء الجنسية الأنثوية وكذلك على الخواص الجنسية الثانوية لجسم الأنثى.

آلية عمل الهرمونات

تقوم الهرمونات بالتأثير على الخلايا الهدف عن طريق الارتباط بمستقبلات بروتينية وهذه تتواجد في موقعين رئيسيين يحددان آلية الاستجابة :

- مستقبلات في الاغشية الخلوية: وتستقبل الهرمونات الذائبة في الدم (الامينية والببتيدية).

- مستقبلات داخل الخلية : وتستقبل الهرمونات الغير ذائبة في الدم (الدهنية والستيرويدية.)

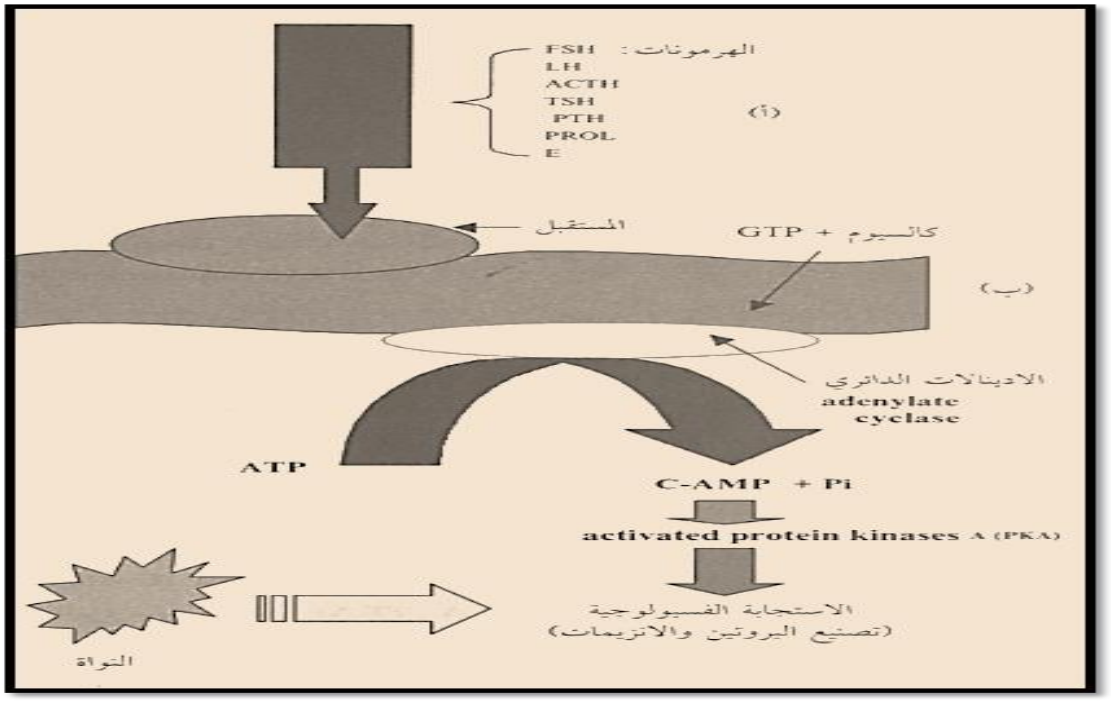
آلية عمل الهرمونات الامينية و الببتيدية

1- ترتبط الهرمونات (رسول أول) الذائبة في الدم بالمستقبلات المتواجدة في الغشاء الخلوي .

2- ينشأ عن هذا الارتباط تنشيط إنزيمات خاصة توجد في الغشاء الخلوي، أو تكون جزءا من المستقبل الهرموني نفسه.

3- يؤدي هذا إلى تنشيط رسول كيميائي ثان cAMP أدينوسين أحادي الفوسفات الحلقي .

4- وبدوره ينشط إنزيمات متواجدة في سيتوسول الخلية، تعمل على إحداث التغير الفسيولوجي اللازم في عمل الخلية .



آلية عمل الهرمونات ذات المستقبلات السطحية

آلية عمل الهرمونات الستيرويدية

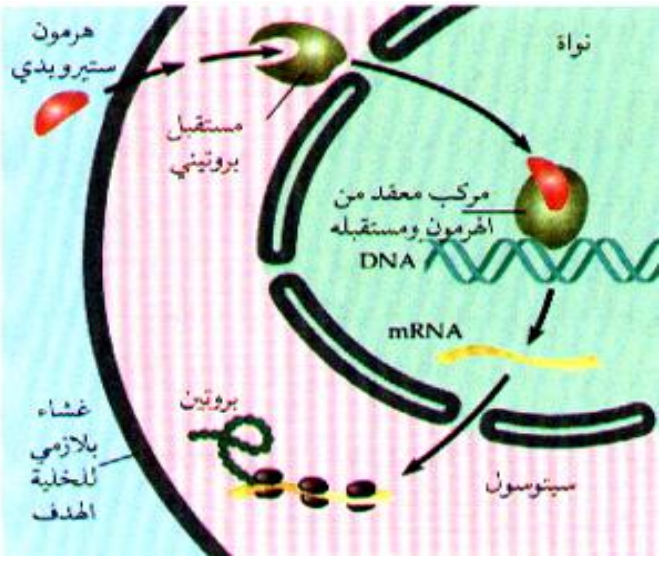
توجد المستقبلات بشكل رئيس في أنوية الخلايا

1- -يقوم الهرمون الستيرويدي بالنفاذ إلى الخلية عبر الغشاء الخلوي (لكونه يذوب في الدهون) إلى السيتوسول .

2- -ينتقل الهرمون إلى النواة، ويرتبط بالمستقبل هناك .

3- تقوم المستقبلات بالتأثير على نشاط جينات محددة فتنشطها أو تثبطها.

4- يؤدي إلى إحداث استجابة فسيولوجية اللازمة، عن طريق التأثير على إنتاج البروتينات من هذه الجينات .



آلية عمل الهرمون الستيرويدي

الغدد الصماء في الجسم

- **هرمونات الفص الأمامي للغدة النخامية**

1- هرمون النمو هرمون النمو ؛ الذي يولد نمو كل خلايا وأنسجة الجسم تقريبا.

2- الهرمون الموجه لقشر الكظر يحفز إفراز قشر الكظر لهرمونات القشرية الكظرية.

3- الهرمون منبه الدرقية الذي يسبب إفراز الغدة الدرقية للثيروكسين ولثالث يود الثيرونين.

4- هرمون منشط للحوصلة يسبب نمو الجريبات في المبيضين قبل الإباضة ويعزز تكوين النطف في الخصية.

5- هرمون منشط للجسم الأصفر يقوم بدور هام في تسبيب الإباضة، كما أنه يسبب إفراز الهرمونات الجنسية الأنثوية من المبيضين والتستوستيرون من الخصيتين.

6- البرولاكتين يعزز تطوير الثديين وإفراز الحليب.

هرمونات الفص الخلفي للغدة النخامية

1- الهرمون (مضاد التبول) فازوبرسين يسبب احتفاظ الكلى بالماء، فيزيد بذلك محتواه في الجسم، كما أنه يسبب عند تركيزه العالي تضيق الأوعية الدموية في كل انحاء الجسم ويرفع ضغط الدم.

2- هرمون الأوكسيتوسين يسبب تقلص الرحم أثناء عملية الولادة ويساعد بذلك على طرد المولود خارج الرحم، كما أنه يقلص الخلايا العضلية الظهارية في الثديين، فيطرح بذلك الحليب منهما عندما يمصه الرضيع.

القشرة الكظرية

1- الكورتيزول له عدة وظائف يتحكم باستقلاب السكريات والبروتينات والدهون.

2- الألدوستيرون يقلل من إفراغ الصوديوم من الكليتين ويزيد من إفراغ البوتاسيوم، ويزيد بذلك من محتوى الصوديوم في الجسم ويقلل من البوتاسيوم فيه.

الغدة الدرقية

هرمونات الغدة الدرقية وهي الثيروكسين و ثلاثي يود الثيرونين ؛ وهما يزيدان من سرعة التفاعلات الكيميائية في كل خلايا الجسم تقريبا، التي تزيد بذلك المستوى العام لاستقلاب الجسم.

الكالسيتونين : يعزز تراكم الكالسيوم في العظام فيقلل بذلك من تركيزه في السائل خارج الخلايا.

البنكرياس

1- الأنسولين يعزز دخول الكلوكوز إلى معظم خلايا الجسم ويتحكم بهذه الطريقة بمعدل استقلاب معظم السكريات.

2- الكلوكاكون يزيد تركيب وتحرير الكلوكوز من الكبد إلى سوائل الدوران في الجسم.

المبيضان

1- الإستروجينات تنبه تطور الأعضاء الجنسية الأنثوية والثديين ومختلف الخواص الجنسية الثانوية.

2- البروجستيرون ينبه إفراز الغدد البطانية للرحم، ويساعد في تعزيز تطوير الجهاز الإفرازي للثديين.

الخصيتان

1- التستوستيرون والذي ينبه نمو الأعضاء الجنسية الذكرية، ويعزز تطور الخواص الجنسية الذكرية الثانوية.

الغدة جارة الدرقية

1-هرمون جار درقي ؛ حيث يتحكم بتركيز أيونات الكالسيوم في السائل خارج الخلايا بالتحكم في:

- امتصاص الكالسيوم من الأمعاء.
- إفراغ الكالسيوم من الكليتين.
- تحرير الكالسيوم من العظام.

المشيمة

1- البروجستيرون ؛ تعزز التطور الخاص لبطانة الرحم قبل غرس البويضة الملقحة، كما يحتمل أنه يعزز تطور بعض أنسجة الجنين وأعضائه، ويساعد في تحفيز تطور جهاز الإفراز لثديي الأم.

2- الإستروجينات ؛ تعزز نمو الأعضاء الجنسية للأم وبعض أنسجة الجنين.

يتضح من هذه النظرة العامة لجهاز الغدد الصماء بأن معظم الوظائف الاستقلابية للجسم تحكم بطريقة أو بأخرى بالغدد الصماء. فمثلا ؛ من دون هرمون النمو يبقى الشخص قزما .و من دون هرموني الثيروكسين وثالث يود الثيرونين من الغدة الدرقية تصبح تقريبا كل التفاعلات الكيميائية في الجسم كسولة أيضا. و من دون الأنسولين من البنكرياس لا تتمكن خلايا الجسم من استعمال السكريات لتوليد الطاقة إلا قليلا جدا.ومن دون الهرمونات الجنسية وينعدم التطور الجنسي ووظائفه .

الفيتامينات وانواعها

الفيتامينات مركبات عضوية ضرورية للحياة وللمحافظة عليها يجب ان تتوافر في الغذاء وان الجسم غير قادر على صنعها على الاقل بالكميات اللازمة عدا فيتامين (د – D)الذي يمكن صنعه اذا تعرض الجلد لأشعة الشمس. والفيتامينات عوامل منظمة ولكل واحدة منها وظيفة خاصة. ويسبب فقدانها في الجسم او نقصانها امراضا" كثيرة تسمى امراض النقص الذاتي.

تصنيف الفيتامينات:

تصنف الفيتامينات الى صنفين رئيسين هما:

١-) الفيتامينات التي تذوب في الدهون والمذيبات العضوية وتشمل أ، د، هـ، ك، (A-D-E-K).

٢-) الفيتامينات التي تذوب في الماء وتشمل فيتامين (ح- C) ومجموعة فيتامين ب المركب (B-COMPLEX)

الفيتامينات الذائبة في الدهون

فيتامين أ (A)

ان الفيتامين أ من اهم الفيتامينات وذلك لان الامراض المتسببة عن نقصه لاتزال منتشرة في البلاد النامية ولايزال ملايين من الناس متأثرين بها وخاصة الاطفال.

ان المادة الاساسية المكونة لهذا الفيتامين هي الكاروتين وهي صبغة صفراء موجودة في النباتات تتحول في الجدران الأمعاء والكبد بفعل انزيم خاص الى فيتامين أ.

خواصه:

١-) فيتامين أ مادة عضوية صفراء فاتحة متكونة من الكاربون والهايدروجين والاوكسجين.

٢-) لايذوب في الماء ولكن يذوب في الدهن والزيوت والمذيبات الدهنية.

٣-) يتلف بالتأكسد كتعرضه للهواء والحرارة العالية او أشعة الشمس فوق البنفسجية.

٤-) يتلف الزيوت والدهن الزنجة.

٥-) لايتأثر بعمليات التعليب والتبريد والبسترة ولكنه يتلف بالتجفيف.

٦-) ثابت في درجات الحرارة الاعتيادية.

٧-) لايتأثر بالحوامض والقواعد.

مصادره:

ان مصادر فيتامين أ الاساسية هي حيوانية ونباتية . فالمصدر الحيواني يشمل الاغذية التالية (زيت الكبد الاسماك، الكبد، الزبد، صفار البيض، الحليب، الجبن).

اما المصدر النباتي فيشمل الاغذية التي تحوي على الكاروتين الذي يتحول في الجسم الى فيتامين (أ) ويوجد في الخضروات ، الخضر والصفر كذلك في الفواكه الصفر كالجزر والبطاطا الحلوة والسبانخ الطماطا و المشمش.

حاجة الجسم اليومية :

يوصى الشخص البالغ بتناول حوالي (٥٠٠٠) وحدة دولية من فيتامين (A) اذا كان غذاؤه يحتوي على الفيتامين من المصدرين الحيواني والنباتي .

وظائف فيتامين (A) في الجسم :

١-) يساعد على النمو الطبيعي ويمنع جفاف البشرة .
٢-) يساعد على نمو العظام والاسنان .
٣-) ضروري لصحة الاغشية الطلائية المبطنة للاجهزة الداخلية .
٤-) يساعد على تكوين الارجوان البصري في شبكة العين التي تسيطر على النظر.

نقص فيتامين A :

قد يحدث نقص فيتامين (A) اما نتيجة نقصه في الغذاء اليومي او نتيجة عدم امتصاص الفيتامين في جدران الامعاء لعوامل مرضية كالاسهال وامراض الكبد والبنكرياس . وتتلخص امراض النقص في فيتامين (A) بما ياتي :-

١-) عشو الليل .
٢-) جفاف الاغشية الطلائية ومن ثم التهابها وخشونة البشرة .
٣-) جفاف منضمة العين والتهابها وكذلك التهاب القرنية والعمى احيانا .

فيتامين د (D)

فيتامين (D) من الفيتامينات الذائبة بالدهون وهي من عائلة الستيرول والستيرولات من المصادر الحيوية الاولية للفيتامين واهمها كوليسترول Cholesterol l الموجود في المملكة النباتية وتتحول الى فيتامين (D) تحت الجلد بمساعدة اشعة الشمس البنفسجية .

خواص فيتامين D:

١-) يكون الفيتامين النقي على شكل بلورات بيض عديمة الرائحة .
٢-) قابل للذوبان في الدهون .
٣-) يقاوم الحرارة والتاكسد والقواعد .

مصادره :

١-) زيت الاسماك وبصورة خاصة زيت كبد الحوت .
٢-) الكبد .
٣-) الحليب الكامل والزبد .
٤-) صفار البيض .
٥-) التعرض لاشعة الشمس المباشرة .

حاجة الجسم اليومية :

تزداد حاجة الجسم اليومية للفيتامين في مراحل النمو وتقدر بحوالي (٤٠٠) وحدة دولية يوميا .

فوائده ووظيفته في الجسم :

١-) يحافظ على العمليات الطبيعية لتكوين العظام .
٢-) يساعد على امتصاص الكالسيوم والفسفور وعلى تمثيله .
٣-) ضروري للنمو.

نقص فيتامين D

ان نقص فيتامين (D) يؤثر في العظام والانسان بصورة خاصة ويسمى المرض الحاصل عن نقصه بـ (الكساح) ، ومرض الكساح من امراض النقص الموجود في بلادنا على الرغم من توافر اشعة الشمس ويرجع ذلك الى عادة الطفل الصغير ومنع تعرضه لاشعة الشمس وعدم اعطائه الكفاية من الحليب او عدم امتصاص الجسم للفيتامين كما في حالات الاسهال وسوء التغذية .

اهم اعراض هذا المرض ليونة العظام لعدم تكسلها فينتج عن ذلك تشوهات في الجمجمة والاضلاع وتقوس واعوجاج في عضام الساقين وانتفاخ في البطن وشحوب في الوجه ثم تضخم في المفاصل. اما عند الكبار فان نقصه ينجبن الاطفال في فترات متقاربة بالاضافة الى نقص في التغذية الجيدة.

يعالج نقص فيتامين (D) باعطاء كميات كافية من الفيتامين على شكل مستحضرات طبية تحت اشراف الطبيب ثم التعرض لأشعة الشمس المباشرة.

فيتامين ك (K)

فيتامين (K) ضروري لصنع (البروثرومبين) في الكبد ولتخثر الدم الطبيعي. و(البروثرومبين) هو المادة الاولية ل (الثرومبين) وهو احد العوامل الضرورية لتخثر الدم الطبيعي.

خواصه :

١-) قابل للذوبان في الدهون.

٢-) لونه اصفر.

٣-) ثابت للحرارة ولكنه غير ثابت لكل من القواعد والحوامض المركزة والتأكسد والضوء.

مصادره :

١-) المصادر الغذائية هي القرنابيط، اللهانة، السبانخ، السلق، الخس.

٢-) ينتجه الجسم بفعل بكتريا خاصة تعيش في الامعاء.

حاجة الجسم اليومية:

ان الغذاء الاعتيادي بالاضافة الى ما تصنعه بكتريا الامعاء يجهز كميات كافية من فيتامين (K) ولكن بعض الظروف تدعو الى الزيادة في كميته فتعطى على شكل حبوب اوحقن تحت اشراف الطبيب ومنها ما يأتي:

١-) الطفل المولود.

٢-) ان هذا الفيتامين من الفيتامينات الذائبة في الدهنيات والتي تحتاج الى املاح الصفراء لامتصاصها .فالمرضى الذين يعانون من انسداد المجاري الصفراوية يتعرضون لنقص هذا الفيتامين.

٣-) في العمليات الجراحية.

٤-) في ادوار النقاهة من الامراض التي استعملت المضادات الحيوية بكثرة لعلاجها بحيث تسببت في قتل البكتريا الموجودة في الامعاء التي تكون هذا الفيتامين.

فيتامين هـ (E)

حتى الآن لايوجد دليل قاطع يوبين ضرورة هذا الفيتامين للانسان ولكن له وظائف منها كونه مانعا" للتاكسد وبذا يحافظ على الفيتامينات التي تتأكسد بسرعة والحوامض الشحمية غير المشبعة في الاطعمة او في داخل الجسم. اما بالنسبة للحيوان فيؤدي دورا مهما في تقوية الغدد التناسلية ومنع الاجهاض وفقدان العضلات (Muscular Dystrophy)

خواصه:

١-) لونه اصفر فاتح.

٢-) قابل للذوبان في الحرارة.

٣-) ثابت في الحرارة.

٤-) يتلف بالاكسدة والاشعة فوق البنفسجية.

الكمية المقررة اليومية:٢٥(.I.U) وحدة عالمية للمرأة البالغة وتزداد الى ٣٠ وحدة (.I.U) خلال مدة الحمل والرضاعة.

مصادره:

اذا توافرت مصادر جميع الفيتامينات الباقية فان مصادر فيتامين هـ تتوافر بصورة غير مباشرة فغالبا ما يوجد في الحبوب والزيوت النباتية والاوراق الخضر اما المصادر الحيوانية ومنها الكبد والكلاوي والحليب والبيض فنسبته فيها اقل من المصدر الثاني .

الفيتامينات التي تذوب في الماء

فيتامين حـ (C) او حامض الاسكوربيك :

خواصه :

١-) يكون الفيتامين على شكل بلورات بيض ثابتة في شكلها الجاف .

٢-) يذوب في الماء لذا يفضل استعمال الماء المتبقي في طبخ الاغذية التي تحتوي عليه اما بلوراته فتذوب بالماء بسهولة ومحلولها يتلف عند تعرضه للهواء والحرارة والضوء .

٣-)غير ثابت للقواعد وثابت نسبيا للحوامض .

٤-) يتلف في عمليات التجفيف ويفقد قسما منه في عمليات التمليح والتخليل ولكنه قليلا ما يتاثر بعمليات التجميد والتعليب .

٥-) يتلف عند التخديش لذا يفضل تقطيع الخضر والفاكهة قطعا كبيرة وتجنب تركها معرضة للهواء .

مصادره :

تعتبر النباتات من المصادر الرئيسة لفيتامين (C) ومنها الفواكه الحمضية مثل البرتقال والليمون الحلو واللنكي وكذلك يوجد في المشمش والاجاص والبطيخ . وفي الخضروات يتوافر في الورقية الخضر والفلفل الاخضر والطماطة واللهانة والخباز والشلغم والبطاطة والفجل .

حاجة الجسم اليومية :

يوصى بتناول ٦٠ ملغم للرجال البالغين و ٥٥ ملغم للمراة البالغة وتزيد الحاجة في حالات المرض والحمل والرضاعة وفي مرحلة المراهقة . وان زيادته غير مضرة لأنها تطرح مع الإدرار.

فوائده و وظائفه في الجسم:

١-) فيتامين (C) ضروري و مهم في تكوين المادة التي تربط خلايا الجسم و المعروفة بكولاجين (Collagen) و المحافظ عليها . و الكولاجين عامل مهم في التئام الجروح.

٢-) يمنع النزيف في خلايا الجسم بتقوية جدران الاوعية الشعرية.

٣-) ضروري لتركيب الاسنان و العظام.

٤-) يساعد على امتصاص الحديد و الكالسيوم.

٥-) يساعد على تمثيل الحوامض الامينية العطرية.

٦-) للفيتامين علاقة بغدة الكظر و هورمونات قشرتها الخارجية.

نقص الفيتامين:

يسبب نقص الفيتامين مرض الإسقربوط و يسمى أيضا بطاعون البحارة.

مرض الإسقربوط:

أعراضه:

١-) الشعور بالتعب و الضعف العام و فقدان الوزن و الآلام في المفاصل و الساقين.

٢-) فقدان الشهية.
٣-) تشقق في اللثة و الفم مصحوب بنزيف دموي.
٤-) سقوط الأسنان.
٥-) ظهور بقع سود أو زرق في الجسم بسبب النزيف.
٦-) فقر الدم و يحدث أيضا بسبب النزيف.
٧-) عدم التئام الجروح الجديدة و القديمة قد تصبح حمراء أو تنفتح.

أما أعراض مرض الإسقربوط الخفيف غير المميز سريريا فهي:
١-) ضعف شديد.
٢-) عدم القابلية لالتئام الجروح.
٣-) تشقق اللثة و الفم مصحوب بنزيف دموي.

معالجته:

يعالج مرض الإسقربوط بسد النقص حالا بتناول فيتامين (c) بصورة مباشرة أو بتناول الأغذية الغنية بالفيتامين و تناول الكميات الزائدة من الفيتامين لا يضر لان الزائد منه يطرح إلى الخارج عن طريق الإدرار.

مجموعة فيتامين ب- المركب (B. Complex)

و هي مجموعة من الفيتامينات مرتبطة مع بعضها و ضرورية لحياة الخلايا الجسمسة الطبيعية . او اكتشف العلماء منها لحد الان اثنى عشر نوعا. و من اهم هذه الانواع هي : فيتامين (B١) (الثيامين) و فيتامين (B٢) (رايبوفلافن) و النياسين و (B٦) (البيرودوكسين) و (B٢) و حامض (الفوليك) و حامض (البينتونيك) و سنتناول بحث أهم هذه الفيتامينات.

فيتامين (B١) (الثيامين):

خواصه

١-) يكون على شكل بلورات عديمة اللون ولها رائحة الخميرة وطعم مالح.
٢-) يذوب في الماء لذا يجب استعمال ماء الطبخ عند طبخ الاغذية التي تحتوي عليه.
٣-) ثابت في المحيط الحامضي ولكن يتلف في المحيط القلوي والمعادل.
٤-) يتأثر بالحرارة ويفضل عدم طبخ المواد التي تحتوي عليه في درجات الحرارة العالية لفترات طويلة.
٥-) لاتؤثر فيه عمليات التجفيف والتجميد ولكن يتلف عند التعليب.

مصادره:

اللحوم بأنواعها، والكبد والكلاوي والقلب وجنين الحنطة الكاملة والرز حيث يكثر في قشوره والخمائر اما في الخضروات فيوجد فيالفاصوليا الخضراء والبازلا والباقلاء والحمص والفول السوداني وكذلك في صفار البيض والحليب.

فوائده ووظيفته في الجسم :

١-) للثيامين دور مهم في عملية تمثيل الطاقة. فهو ضروري للجسم ويعتبر أحد المفاتيح المهمة لاطلاق الطاقة خلال عملية تمثيل الكاربوهيدرات.

٢-) يؤثر في صحة الجهاز العصبي والصحة العقلية .
٣-) لهو وظيفة مهمة في المحافظة على شهية الفرد .

نقص الفيتامين :

يسبب نقص هذا الفيتامين فقدان الشهية والتهاب الاعصاب وعسر الهظم والامساك والالم في عضلات الساقين وتوقف النمو عند الاطفال والنقص الشديد فيه يسبب مرض البري بري .

مرض البري بري :

يتميز هذا المرض بثلاث اعراض عامة وهي :-

١-) التهاب الاعصاب .
٢-) الودمة (التورم او الهزال) .
٣-) قصور واضطراب في عمل القلب .

يعالج طبيا في اعطاء كميات كافية من الفيتامين تحت اشراف طبي .

فيتامين (B٢) (الرايبوفلافن) :

خواصه :

١-) يكون على شكل بلورات صفر برتقالية اللون .
٢-) يذوب في الماء لذلك يفضل استعمال ماء الطبخ .
٣-) ثابت لا يتغير في الحرارة والاكسدة لذا تكون خسارته قليلة عند الطبخ .
٤-) لا يتأثر بالحوامض ولكن يتلف في القواعد والضوء ، لذا يجب عدم تعريض قناني الحليب لضوء الشمس .
٥-) لا يتاثر في عمليات التجفيف والتعليب .

مصادره :

الخميرة، الكبد، القلب، الكلاوي، الحليب، الجبن، البيض، اللحوم، الخضروات الورقية الخضر، البقول، والحبوب .

حاجة الجسم اليومية :

ان الكمية التي يجب تناولها من الرايبوفلافن تعتمد ايضا على مقدار السعرات الحرارية التي يحتاجها الفرد وقد اوصي بتناول ١,٧ ملغم للرجل البالغ ومقدار ١,٥ ملغم للمراءة البالغة .

فوائده وظيفته في الجسم :

هو كالثيامين له وظيفة مهمة في عمليات تمثيل الطاقة .

نقص الفيتامين :

يسبب نقصانه في الانسان بصورة رئيسه تشققا وتقيحا في زاويتي الفم وحرقه وتدمعا في العين مع حساسية للضوء ، وكذلك يسبب التهاب اللسان . ونقص الرايبوفلافن يتعلق في الانسان بنقص الفيتامينات الاخرى من المجموعة فيتامين (ب المركبة) . ولهذا السبب فان الاعراض السريرة غير واضحة وغير مميزة فرديا .

فيتامين (P.P) او النياسين (حامض النيكوتنيك) :

يسمى بالنياسين او حامض النيكوتنيك . والحرفان (P.P) مشتقان من كلمة Pellagra Prevent اي مانع البلاكر لانه يمنع حدوث هذا المرض .

خواصه :

١-) تكون بلورات النياسين على شكل ابر عديمة اللون مرة الطعم .

٢-) يذوب في الماء .

٣-) ثابت اتجاه الحرارة والاكسدة .

٤-) ثابت نسبيا اتجاه الحوامض والقواعد .

مصادره :

الخمائر، الكبد، اللحم، الدجاج، السمك، الحبوب الكاملة، البقول كالحمص والباقلاء والفول السوداني والفاصولياء.

فوائده ووظيفته في الجسم :

ان اهم وظيفة للنياسين هي دوره كأنزيم مساعد للنوعين من الانزيمات الضرورية لعملية التأكسد في الجسم.

نقص الفيتامين :

ان (البلاكرا) هو المرض الناتج عن نقص النياسين في الغذاء ومن أعراضه :-

١-) التهاب الجلد ويتميز بخشونة البشرة واحمرارها مما يشبة احتراق البشرة عند تعرضها للشمس .

٢-) التهاب الجهاز الهضمي وخاصة الاغشية المخاطية للفم والمعدة والامعاء مما يسبب الاسهال .

٣-) يؤثر في الجهاز العصبي ويسبب القلق والخوف والارق والنسيان والانحطاط القوى وقد يؤدي الى الشلل .

حاجة الجسم اليومية :

يمكن الحصول على هذا الفيتامين من الاطعمة التي تحتوي عليه ويتحول احد الحوامض الامينية المعروفة بالتريبتوفان في الجسم الى النياسين .

ويوصى بتناول حوالي (١٨) ملغم للرجل البالغ (١٣) ملغم للمراءة .

فيتامين (B٦) (البيرودوكسين) :

خواصه :

١-) يذوب في الماء .

٢-) ثابت اتجاه الحرارة .

٣-) يتلف في الاشعة فوق البنفسجية ويتاكسد .

مصادره :

يتوافر في الخمائر، اللحوم، الاسماك، الكبد، الكلاوي، القلب، الحليب، الحبوب الكاملة، البقول وبعض الخضروات .

حاجة الجسم اليومية :

يوصى بتناول كمية تتراوح بين ١,٥ الى ٢ ملغم يوميا .

فوائده ووظيفته في الجسم :

١-) له دور مهم كأنزيم يساعد على تمثيل الحوامض الامينية والحوامض الشحمية واطلاق الطاقة .

٢-) لتحويل الحامض الاميني الضروري (تربيتوفان) الى فيتامين النياسين يحتاج الى البيرودوكسين كانزيم مساعد .

٣-) ضروري للصحة العامة .

نقص الفيتامين :

يسبب نقصه ظهور ثلاثة اعراض وهي :

١-) التهابات الجلدية .

٢-) فقر الدم .
٣-) التشنجات العظلية خاصة عند الاطفال .

حوامض الفوليك :

خواصه :

١-) بلوراته صفر فاقعة ، قابلة للذوبان في الماء قليلا .
٢-) يتاكسد بسهولة في المحيط ألحامضي وضوء الشمس .

مصادره :

الكبد، الكلاوي، الخمائر، الخضروات الخضر الورقية، اللحوم، والحبوب .

حاجة الجسم اليومية :

تبلغ حوالي ٠,٤ ملغم يوميا .

فوائده ووظائفه في الجسم:

١-) وظائف حامض الفوليك في الجسم تتعلق بقيامه كانزيم مساعد في تمثيل مركبات مهمة في الجسم كالمواد الاولية الضرورية في بناء البروتينات النووية الموجودة في نواة الخلية الجسمية وهي البيورين والبرميدين . لذا فهو ضروري لتكوين الكريات الحمر.
٢-) له علاقة بتمثيل بعض الحوامض الامينية .

تأثير نقصه في الجسم :

ان نقص حامض الفوليك يسبب بعض الحالات المرضية كالاسهال وبعض انواع فقر الدم عند الاطفال والحوامل .

فيتامين (B١٢) :

خواصه :

١-) بلوراته حمر غامقة تذوب قليلا في الماء .
٢-) يتلف بالقواعد والحوامض والضوء .
٣-) ثابت للحرارة .

مصادره :

غير متوفر في الاطعمة النباتية ولكنه موجود في الكبد ، والكلاوي ، الحليب ، البيض ، الجبن ، واللحوم بانواعها .

فوائده ووظائفه في الجسم :

١-) له دور في تمثيل وصنع الحوامض النووية والبروتينات النووية .
٢-) ضروري لتكوين ونضوج كريات الدم الحمر في مخ العظام .
٣-) ضروري لتمثيل الانسجة العصبية .

تأثير نقصه في الجسم :

يسبب نقصه مرض فقر الدم الخبيث .