**مفردات مادة الكيمياء الحياتية( النظري)**
**للسنة الثانية علوم حياة(2 ساعة) في الأسبوع**

1. **الكاربوهيدرات** ، مقدمة ، اتشارها وأهمية دراستها .
خصائصها ، تصنيفها ، السكريات الأحادية ، السكريات الثنائية ، السكريات المتعددة ، النشويات ، الكلايكوجين ، الدكسترينات ، السليلوز ، السكريات الأمينية . (10 ساعة)
2. **الدهون** ، تصنيفها ، خصائصها، الدهون المتعادلة ، الدهون الفوسفاتية ، السفنكومايلين ، الدهون السكرية ، السيربروسيدات ، الشموع ، الستيرويدات ، التيربينات.
الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة . (6 ساعة)
3. **البروتينات** ، أهميتها ، وجودها ، خصائصها العامة ، تصنيفها .
الأحماض الأمينية (الأساسية وغير الأساسية) ، الأحماض الأمينية غير البروتينية ، خصائص الأحماض الأمينية وتكوين الزويترأيون.
التركيب الأولي للبروتين , التركيب الثانوي للبروتين ، التركيب الثالثي للبروتين .
طرق تنقية البروتينات ، طرق القياس الكمي للبروتين ، طرق تقدير الوزن الجزيئي للبروتين .
أنواع الببتيدات ، الببتيدات الفعالة فسيولوجياً ، تشخيص الأحماض الأمينية في نهايتي السلسلة الببتيدية . (10 ساعة).
4. **الأنزيمات** ، التركيب ، الأهمية ، التصنيف ، تسمية الأنزيمات ، الخواص الحركية للأنزيمات ، آلية عمل الأنزيمات المنظمة (الألوستيرية) ، الأنزيمات متماثلة الأصل ، المنشطات والمثبطات الأنزيمية (6 ساعة).
5. **الفيتامينات** ومرافقات الأنزيمات ، الفيتامينات الذائبة في الماء ، الفيتامينات الذائبة في الدهون ، الفيتامينات التي لا تعمل كمرافقات أنزيمية ، المرافقات الأنزيمية التي لا يدخل في تركيبها الفيتامين ، دور الفيتامينات في التفاعلات الحياتية (8 ساعة).
6. **النيوكليوتيدات** ، أهميتها ، وجودها ، تركيبها ، خصائصها .
7. الأحماض النووية ، الحامض النووي DNA خصائصه ، تركيبه ، نموذج واتسون كريك ،فقدان الخصائص الطبيعية لل DNA.
الحامض النووي RNA خصائصه ، تركيبه ، أنواع الحامض النووي RNA (الناقل ، الرايبوسومي ، المخبر أو الرسول).
انتقال المعلومات الوراثية وتكوين البروتين (8 ساعة).
8. **الأيض (ميتابولزم)** ، تعريفه ، تحولات الطاقة ، عملية هدم الكاربوهيدرات ، مسار الكلايكولايسس ، التخمر الكحولي ، تكوين الكلوكوز ، مسار البنتوزفوسفات وتكوين ال NADPH (4 ساعة).
9. **مسار دورة كريبس** وعلاقتها بأيض الكاربوهيدرات والدهون والبروتينات (2 ساعة).
10. السلسلة التنفسية ، مكوناتها , أهميتها ، عملية انتقال الألكترونات والفسفرة التأكسدية وتكوين ال ATP (2 ساعة).

11 . **هدم الأحماض الأمينية** وتكوين اليوريا ، هدم الأحماض الدهنية (4 ساعة).

## مفردات منهج الكيمياء الحياتية العملي

## للسنة الدراسية الثانية علوم الحياة (2 ساعة) في الأسبوع

**أولاً: السكريات**

1. الكشوفات اللونية وتتضمن:
كشف مولش ، كشف بندكت ، كشف بارفويد ، كشف سليفانوف ، كشف بيل ، كشف الأوسازون .
2. تحلل السكريات الثنائية بواسطة الحامض والكشف عن ذلك ومقارنته بالسكريات الأحادية .
3. الكشف عن السكريات المتعددة.
4. تحلل السكريات المتعددة بواسطة الحامض ، بواسطة الأنزيم والكشف عن ذلك .
5. تشخيص مادة سكرية مجهولة .
6. تقدير الكلوكوز كمياً بالأكسدة باليود تحت ظروف قاعدية.
7. تقدير كمية الكلوكوز بالدم بطريقة كنك.

**ثانياً: الدهون**

1. الكشف عن الدهون ودراسة خواصها واختبار اذابتها في المذيبات المستقطبة وغير المستقطبة.
2. ايجاد عدد اليود ( الكشف عن عدم التشبع ).
3. ايجاد عدد الحموضة.
4. تقدير كمية الكولسترول في الدم.

**ثالثاً: الأحماض الأمينية والبروتينات**

1. الكشوفات اللونية وتتضمن:
كشف ننهايدرين ، كشف ميلون ، كشف ساكاكوجي ، كشف هوبكنزكول ، الكشف عن السستين والسستاين .
2. ترسيب البروتينات ودراسة الخواص المميزة للألبومينات والكلوبيولينات.
3. دراسة الخواص المميزة لأنواع أخرى من البروتينات كالبروتينات الفوسفاتية والمقترنة والسكرية.
4. تشخيص مادة بروتينية مجهولة.
5. تقدير كمية البروتين بطريقة بايوريت.
6. تقدير كمية البروتين بطريقة فولن.
7. تقدير كمية اليوريا بطريقة الداي أسيتايل مونوكسيم.

رابعاً: الأحماض النووية :

1. استخلاص ال RNA من الخمائر.
2. التحلل القاعدي لل RNA وفصل النيوكليوتيدات بواسطة الكروموتوكرافيا.
3. تقدير تركيز النيوكليوتيدات .

**خامساً: الفيتامينات**

تقدير فيتامين B1 , A , C .

**سادساً: الأنزيمات**

1. تحضير انزيم الأنفرتيز من خميرة الخبز.
2. تحضير المنحني القياسي لأنزيم الأنفرتيز.
3. تقدير فعالية الأنزيم.
4. حساب درجة الحامضية المثلى للأنزيم.
5. حساب درجة الحرارة المثلى للأنزيم.
6. تأثير تركيز الأنزيم على فعاليته.
7. تأثير تركيز المادة الأساس على فعالية الأنزيم .

**المصادر: مدخل الى الكيمياء الحياتية د.خولة أحمد آل فليح**

**الكيمياء الحياتية** : هو العلم الذي يدرس تركيب خلايا الكائن الحي , والتفاعلات الكيميائية التي تتم فيها

ويمكن تقسيم موضوع الكيمياء الحياتية الى قسمين :

1. الكيمياء الحياتية الوصفية: التي تتعلق بالتركيب الدقيق للمواد الحيوية الموجودة في الخلية.
2. الكيمياء الحياتية الحركية: وتتناول التغيرات الكيميائية أو الأنظمة الأيضية التي تحدث في الأنظمة الحياتية.

**الجزيئات الحياتية**: ان الذرات الغالبة في تركيب الكائنات الحية هي C , N , H , O , P , S ومثال على ذلك

| جزيئات صغيرة | المكونات الذرية | الجزيئات الكبيرة المشتقة |
|---|---|---|
| أحماض أمينية | C , H ,O , N , (S) | بروتين |
| سكريات | C , H ,O | كلايكوجين أو نشأ |
| أحماض دهنية | C , H ,O | دهون |
| قواعد نتروجينية | C , H ,O , N | نيوكليوتيدات |
| نيوكليوتيدات | C , H ,O , N , P | أحماض نووية DNA و RNA |

**المكونات الأساسية للخلايا الحية**

جميع الخلايا الحية (نباتية وحيوانية) تحتوي على الماء كمكون أساسي , أما بقية ما تحتويه الخلايا بكثرة فهي البروتينات و ألأحماض النووية والليبيدات والكاربوهيدرات مع بعض الأملاح الشائعة.

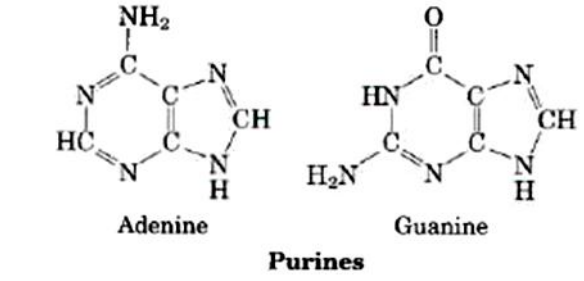
- البروتينات تتكون من عشرين حامض أميني هي

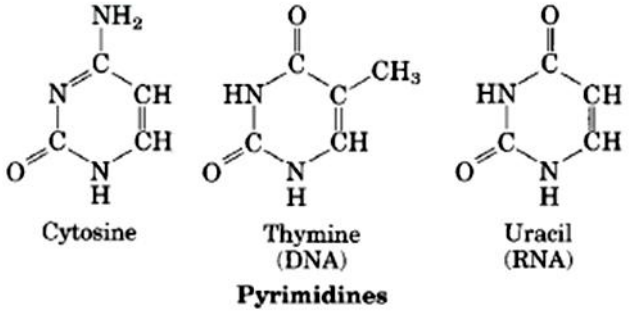
| الحامض الأميني | الصنف | الرمز |
|---|---|---|
| ثريونين | أساسية | Thr |
| مثيونين | أساسية | Met |
| فالين | أساسية | Val |
| ليوسين | أساسية | leu |
| ايزوليوسين | أساسية | Ile |
| تريبتوفان | أساسية | Trp |
| هيستيدين | أساسية | His |

| | | |
|---|---|---|
| لايسين | أساسية | Lys |
| فينايل ألانين | أساسية | Phe |
| حامض الأسبارتيك | غير أساسية | Asp |
| حامض الكلوتاميك | غير أساسية | Glu |
| أسبارجين | غير أساسية | Asn |
| كلوتامين | غير أساسية | Gln |
| سيستين | غير أساسية | Cys |
| ألانين | غير أساسية | Ala |
| آرجنين | غير أساسية | Arg |
| كلايسين | غير أساسية | Gly |
| برولين | غير أساسية | Pro |
| سيرين | غير أساسية | Ser |
| تايروسين | غير أساسية | Tyr |

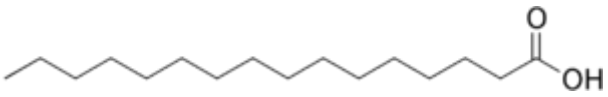
- **القواعد النتروجينية** هي من المكونات الأساسية للأحماض النووية وتكون بنوعين:

بيورينات وتشمل الأدنين والكوانين
والبيرميدينات وتشمل السايتوسين والثايمين واليوراسيل

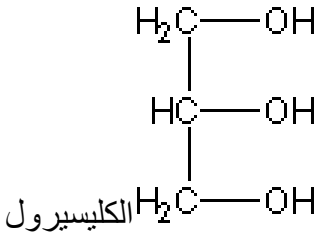


- **الوحدات البنائية الأساسية للدهون** هي الأحماض الدهنية (مثل حامض البالميتيك) والكليسيرول

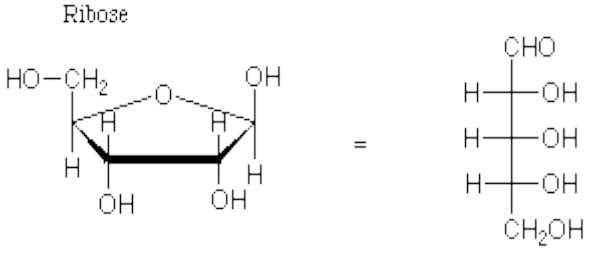


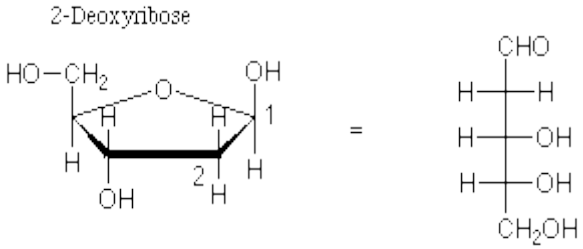

حامض البالميتيك




الكليسيرول

**الوحدات البنائية الأساسية للسكريات** هي الكلوكوز والرايبوز




**<u>الكاربوهيدرات</u>**

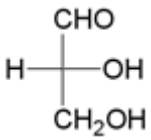
تؤلف حوالي 10% من المواد العضوية الداخلة في تركيب الخلية الحية , وهناك حوالي خمسين نوع من المركبات الكاربوهيدراتية المختلفة في الخلية. وتعتبر مصدر رئيسي للطاقة في الخلية كالكلوكوز أو مخزن للطاقة مثل النشأ والكلايكوجين وتعمل كوحدات تركيبية لجدار الخلية كما في السيليولوز . وتدخل الكاربوهيدرات في عملية توليد مكونات الخلية مثل البروتينات والدهون والأحماض النووية.

**أصناف الكاربوهيدرات**

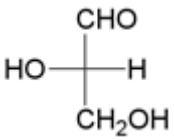
1. السكريات الأحادية (Monosaccharides) أو السكر البسيط وتحتوي الجزيئة الواحدة على وحدة سكرية واحدة مثل الكلوكوز , الفركتوز , الرايبوز.
2. السكريات قليلة الحدات(Oligosaccharides) وبضمنها السكريات الثنائية وتحتوي الجزيئة الواحدة على 2- 10 وحدات من السكر الأحادي مثل المالتوز (وحدتي كلوكوز) , السكروز(كلوكوز+فركتوز) , لاكتوز (كلوكوز+ كالاكتوز) , رافينوز(فركتوز+ كلوكوز+ كالاكتوز).
3. متعدد السكريات (Polysaccharides) وتشمل على جزيئات بوليميرية كبيرة لسكريات أحادية, ولها أوزان جزيئية عالية مثل النشأ أو السيليولوز أو الكلايكوجين(متعدد الكلوكوز) أو الزايلان (متعدد الزايلوز).

**السكريات الألدوزية و السكريات الكيتوزية**

فللسكريات التي تحوي على مجموعة الديهايد تسمى ألدوز (aldose) وأبسطها هو الكليسيرالديهايد
فللسكريات التي تحوي على مجموعة كيتون تسمى كيتوز (ketose) وأبسطها هو ثنائي هايدروكسي أسيتون

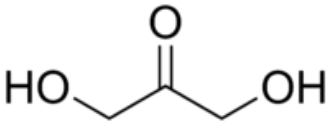



**D-glyceraldehyde**




**L-glyceraldehyde**

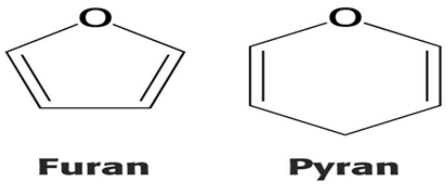
**Dihydroxyacetone**

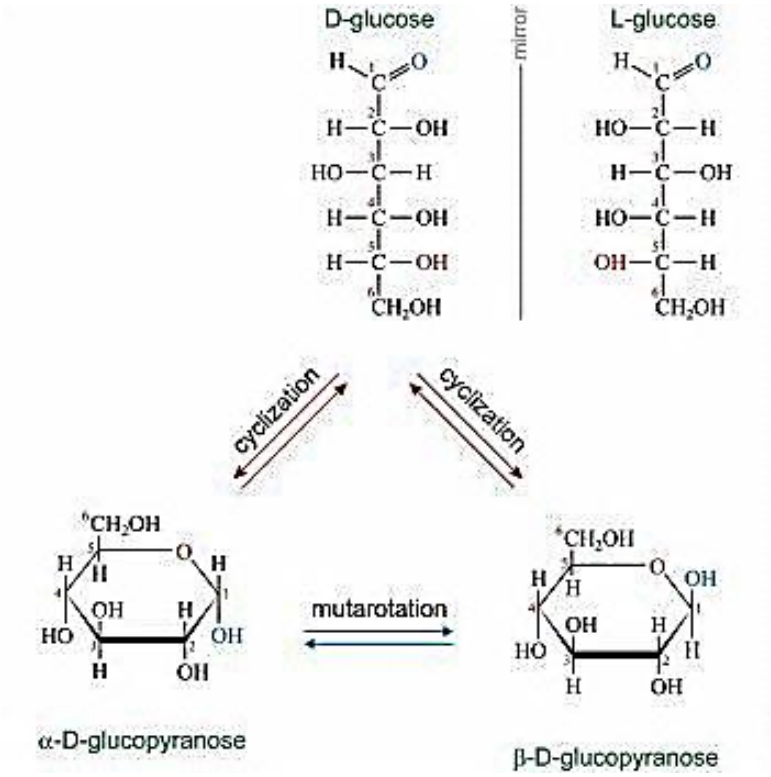



**التركيب الحلقي للسكريات**

لقد تمت كتابة التراكيب المختلفة لمركبات الألدوز والكيتوز بشكل سلسلة مفتوحة وخاصة لمركبات الترايوز والتتروز. أما مركبات البنتوز صعوداً فانه موجودة على شكل تراكيب حلقية (من مشتقات الفيوران والبايران)

كالرايبوز والكلوكوز والفركتوز وكل تركيب أما أن يكون بشكل آيزومر α أو يكون بشكل آيزومر β.




## السكريات قليلة الوحدات (Oligosaccharides)

هي السكريات التي تنتج من اتحاد عدد من وحدات السكر الأحادي (2-10 وحدة) مع بعضها البعض بواسطة أواصر كلايكوسيدية ويمكن أن تكون ثنائية أو ثلاثية أو رباعية أو أكثر وفقاً لعدد الوحدات.

### السكريات الثنائية

تتألف من وحدتي سكر أحادي مرتبطة مع بعضها البعض بواسطة اصرة كلايكوسيدية ويوجد صنفان من الأواصر الكلايكوسيدية α وβ مثال :

**السكروز**: ويدعى سكر القصب ويتألف من وحدتي الكلوكوز والفركتوز وموجود في جميع النباتات

-D-α-O- كلوكوبايرانوسيل (1←2) -D-β-فركتوفيورانوسايد

ويعتبر سكر غير مختزل بسبب انشغال مجموعتي الكارونيل في ذرتي الكاربون الأنومرية α و β في كلا الوحدتين بتكوين الآصرة الكلايكوسيدية.

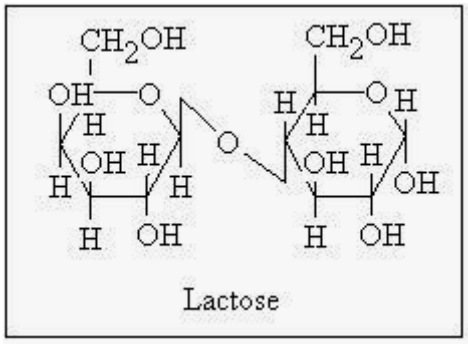
ويتخمر السكروز الى كحول و $CO_2$ بفعل انزيمي السكريز والزايميز الموجودين في الخميرة حيث يعمل الأول على تحلل السكروز الى الكلوكوز والفركتوز ويعمل الثاني على تخمر هاتين الوحدتين الى كحول و $CO_2$.

**اللاكتوز**

يوجد في الحليب ويتألف من وحدتي السكر β- كالاكتوز وα- كلوكوز ترتبطان بآصرة كلايكوسيدية β-1←4

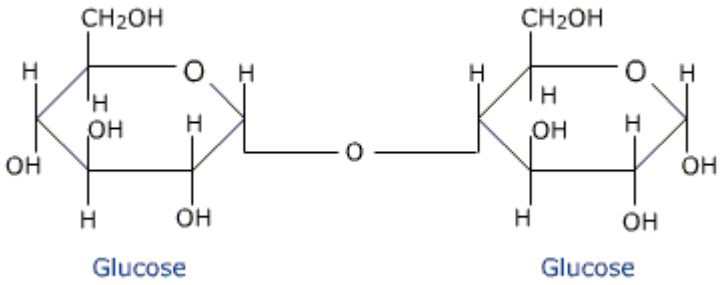
يتكون في الغدد اللبنية في الحيوان. ي. وله القدرة على اختزال محلول بندكت بسبب احتوائه مجموعة HO –

**β-D- كالاكتوبايرانوسيل (1←4)- α- D- كلوكوبايرانوسيد**



## مالتوز

يوجد المالتوز في الحبوب في بداية انباتها ويطلق عليه بسكر الشعير، وينتج في الحيوان من تحلل النشا بفعل انزيم الاميليز ، ويتكون من وحدتي كلوكوز ترتبطان بالآصرة الكلايكوسيدية( α−1←4 )




**α-D- كلوكوبايرانوسيل (1←4)- α- D- كلوكوبايرانوسيد**

## السكريات الثلاثية

مثل الرافينوز (كالاكتوز- كلوكوز- فركتوز) ويوجد في البنجر

المليزيتوز (كلوكوز- فركتوز- كلوكوز) ويوجد في نسغ بعض الاشجار

## السكريات المتعددة

تختلف عن بعضها بنوع وحدات السكر الاحادي المكون لها وطول السلسلة وطبيعة التفرع

فمثلاً النشأ والكلايكوجين ( يطلق عليهما كلوكان أو الكلوكوسان لأنه يتكون من وحدات الكلوكوز فقط ) ويطلق على متعدد سكر آخر اسم مانان لانه يتكون من وحدات مانوز فقط .

وهناك نوعان من مركبات متعدد السكريات هما :

- متعدد السكريات المتجانسة ( تحوي الجزيئة على نوع واحد من وحدات السكر الاحادي المتكرر مثل النشأ ، السليلوز ، الكلايكوجين ).

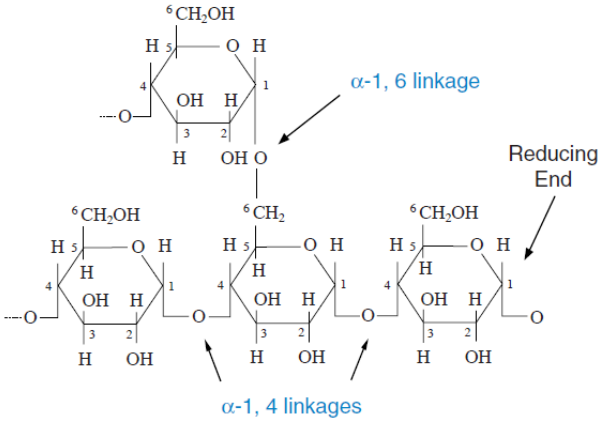
- و متعدد السكريات غير المتجانسة ( تحوي الجزيئة على أكثر من نوع واحد من وحدات السكر الاحادي المتكرر مثل السكريات المخاطية والبكتين).

**السليولوز**

يعد المادة الاساسية المكونة للنبات ، يكون على الاقل 50% من مكونات جدار الخلية ، اما شعيرات القطن فتحتوي على 90-98% سليولوز.ويتكون من سلسلة مستقيمة من وحدات الكلوكوز المرتبطة مع بعض بأواصر كلايكوسيدية β-1←4 ، وتحوي على 300 – 15000 من وحدات الكلوكوز. وترتبط سلاسل السليلوز مع بعضها بواسطة أواصر هيدروجينية مستعرضة .

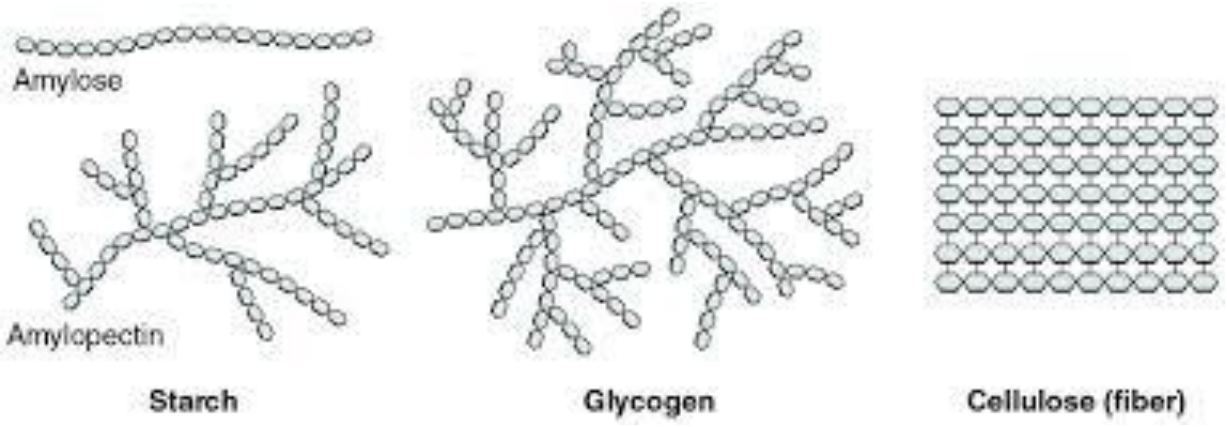
هناك نوع خاص من البكتريا تمتلك انزيم السليوليز الذي يعمل على شطر الآصرة الكلايكوسيدية β-1←4 وتمتلك الحيوانات المجترة هذه البكتريا في الجهاز الهضمي وتحتوي الحشرات والقواقع والفطريات والطحالب والعث على هذا الانزيم .

**النشأ**




**كلايكوجين**

متعدد السكر وخازن الكلوكوز ومحرر الطاقة في الحيوان ويوجد في الكبد والعضلات . يشبه الأميلوبكتين في تركيبه بامتلاكه أواصر α-1←4 و α-1←6 غير ان السلاسل تكون أكثر تفرعاً، اذ يحدث التفرع كل 8-12 وحدة.

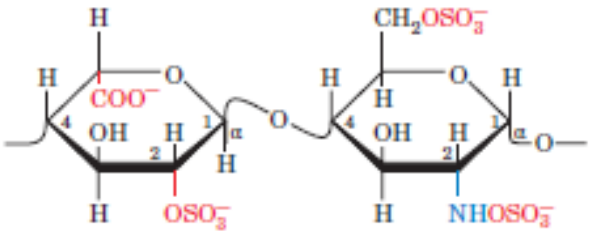


**الكايتين**

متعدد سكر يحتوي على وحدات متكررة من N- أسيتايل-D-كلوكوز أمين المرتبطة مع بعض بأواصر كلايكوسيدية β-1←4 . وتعد الهياكل الخارجية للحشرات مكونة من مادة الكايتين ذات القوام الصلب لحماية الحشرات من المؤثرات الخارجية.

**متعدد السكريات المخاطية**

يختلف عن النشأ والكلايكوجين بكونه يتألف من بوليمرات تحوي على أكثر من نوع واحد من وحدات كاربوهيدراتية ذات مجاميع أمين أو كبريتات أو N- أسيتايل. ولهذه المركبات وظائف تركيبية متعددة كوجودها في الأنسجة الرابطة.



**اللبيدات (الدهون)**

هي الصنف الآخر للجزيئات الحياتية الكبيرة، وتشكل 5% من المواد العضوية الداخلة في تركيب الخلية الحية. وهناك 40-50 نوع من جزيئات الدهون في الخلية، وتوجد في خلايا الدماغ والانسجة العصبية، وعادة ما تذوب هذه المركبات في المذيبات غير القطبية كالايثر والبنزن.

وحدات البناء الأساسية لها هي الأحماض الدهنية، الكليسيرول، السفنكوسين ومركبات الستيرول.

تؤدي الدهون وظائف حيوية مهمة منها:

**أصناف الدهون** : تصنف الى ثمانية أصناف

1. اللبيدات المتعادلة (الكليسيريدات) : وهي أسترات للحوامض الدهنية مع الكليسيرول
2. اللبيدات الفوسفاتية (الكليسيريدات الفوسفاتية) : وهي أسترات فوسفاتية لكليسيريدات ثنائية وقد تحوي على مركب نتروجيني
3. اللبيدات الاسفنجية : تحوي على السفنكوسين وحامض دهني وقد تحوي على مجموعة فوسفات ومركب نتروجيني آخر
4. اللبيدات السكرية : وهي مركبات تحوي على حامض دهني وكحول وسكر
5. اللبيدات البروتينية : وهي مركبات تحوي على دهون وبروتينات
6. الشموع : وهي أسترات لأحماض دهنية وكحولات أحادية الهيدروكسيل
7. الستيرويدات : وهي مشتقات امركبات كحولية حلقية
8. التربينات : وهي بوليمرات لوحدات الايزوبرين

**الأحماض الدهنية**

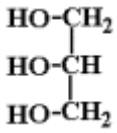
الأحماض الدهنية في الطبيعة (الأحماض الكاربوكسيلية )عادة ما تحوي على عدد زوجي من ذرات الكاربون وتكون ذات سلاسل هيدروكاربونية مستقيمة أما مشبعة ( كحامض البالمتيك $C_{16}$ و حامض الستياريك $C_{18}$ وهي من الأحماض المهمة التي تدخل في تركيب أغلب الدهون الحيوانية والنباتية ) أو غير مشبعة وهي من المكونات الأساسية للزيوت كحامض الأوليك $C_{18}$الذي يحوي على آصرة مزدوجة واحدة أو حامض اللينوليك $C_{18}$الذي يحوي على آصرتين مزدوجتين حامض اللينولينيك $C_{18}$الذي يحوي على ثلاث أواصرمزدوجة حامض الأراكيدونيك الذي يحوي على أربع أواصرمزدوجة .

حامض البالمتيك $CH_3(CH_2)_{14}COOH$

حامض الستياريك $CH_3(CH_2)_{16}COOH$

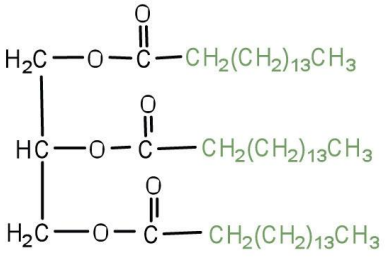
## الدهون المتعادلة

أبسط أنواع اللبيدات ، وهي أسترات تتكون من الكليسيرول والأحماض الدهنية ، وتدعى الكليسيريدات الثلاثية ، وتختلف حسب أنواع الأحماض الدهنية ، مثل ثلاثي الستيارين (في حالة وجود حامض الستياريك) وثلاثي البالمتين(في حالة وجود حامض البالمتيك).

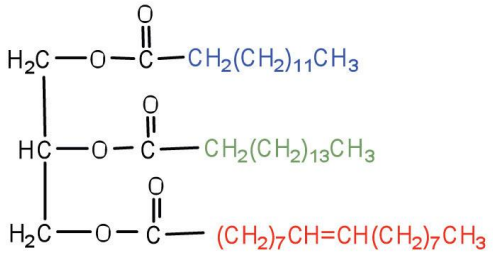


Glycerol or Glycerin

مثال على ذلك



Tristearin
*a simple triglyceride*



*a mixed triglyceride*

وتشمل الدهون المتعادلة على الشحوم التي تكون صلبة في درجة حرارة الغرفة (تحوي في الأغلب على أحماض دهنية مشبعة وتخزن في الحيوان) والزيوت التي تكون سائلة في درجة حرارة الغرفة ( تحوي في الأغلب على أحماض دهنية غيرمشبعة وتخزن في النبات ).

## تزنخ الدهون (Rancidity) ويسمى بالأكسدة الفوقية (Peroxidation)

يتأكسد الدهن تلقائياً بوجود الأوكسجين عندما يتعرض للهواء في درجة حرارة الغرفة مم ا يؤدي الى تكوين طعم ورائحة غير مقبولة للدهن. وهناك نوعين من التزنخ هما :

بسبب عمل انزيمات أو كائنات مجهرية لتنتج أحماض دهنية ذات سلاسل هيدروكر بونية قصيرة مثل حامض البيوتيريك التي يكون لها رائحة كريهة كما في تزنخ الزبد .

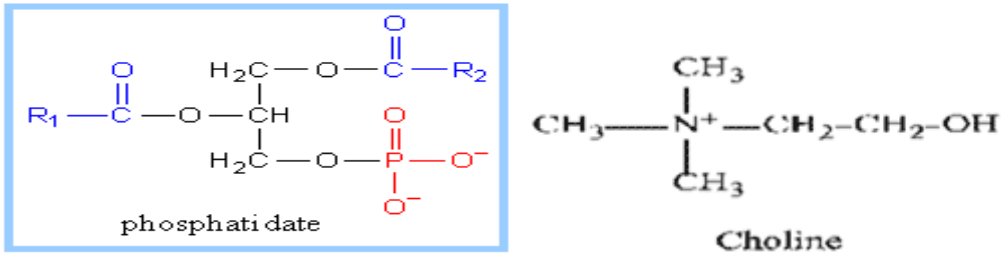
أو تتأكسد الأحماض الدهنية غير المشبعة الموجودة في الدهون مما يؤدي الى تحول الأواصر المزدوجة الى بيروكسيد وبالتالي الى مركبات الديهايد أو كيتون أو أحماض طيارة لها روائح كريهة .

قد تضاف للدهون مواد طبيعية لمنع هذا التأكسد مثل فيتامين E الذي يعمل في الوسط الدهني ويحمي الأغشية الخلوية من هذا التأكسد ، وفيتامين C الذي يعمل في الوسط المائي والذي يخمد الجذور الحرة المتكونة. ان خمث أو تزنخ الدهون يسبب أمراض سرطانية والتهابات وشيخوخة .

**<u>اللبيدات الفوسفاتية (الكليسيريدات الفوسفاتية)</u>**

يوجد هذا النوع من الدهون في جميع الخلايا النباتية والحيوانية ، وتدخل في تركيب الأغشية الخلوية وفي تركيب البروتين الدهني لبلازما الدم ، ويعد المركب (كليسيرول-3-فوسفات) الوحدة التركيبية الأساسية لهذه المركبات.

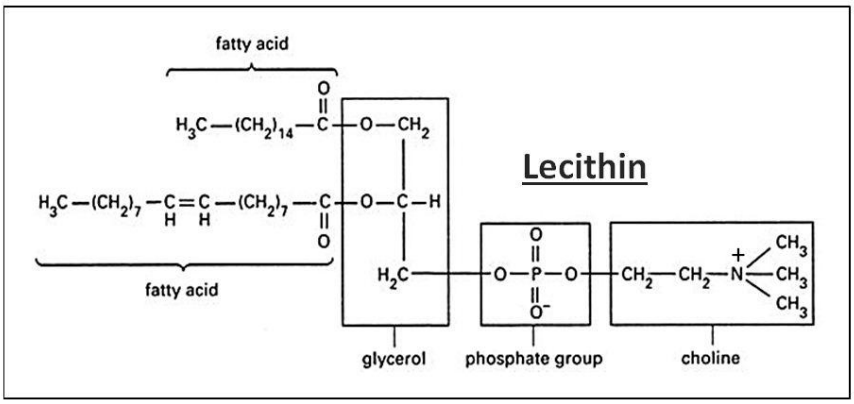
وتتأستر جزيئتان من الحامض الدهني مع كليسيرول-3-فوسفات لينتج **<u>حامض الفوسفاتيديك</u>** الذي يعتبر مركب وسطي لانتاج اللبيدات الفوسفاتية أو الكليسيريدات الثلاثية في الخلايا.




حامض الفوسفاتيديك

عند ارتباط حامض الفوسفاتيديك مع الكولين يتكون **<u>الفوسفاتيديل كولين (الليسيثين)</u>** ذات الأهمية الكبيرة في الجسم، وتكمن أهميتها بما يلي :

تحتوي سموم بعض الأفاعي والحشرات السامة على انزيم فوسفولاييبس $A_2$ الذي يعمل على تحلل الليسيثين (ازاحة حامض الأوليك من ذرة الكربون الوسطى) لينتج المركب لايزوليسيثين الذي يؤدي الى تحلل كريات الدم الحمر وقد يسبب الوفاة.

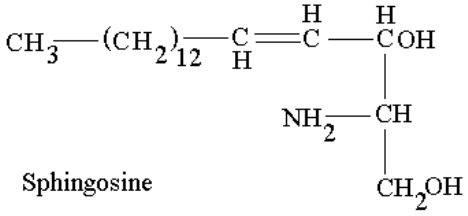



**الفوسفاتيديل ايثانول أمين (سيفالين)**

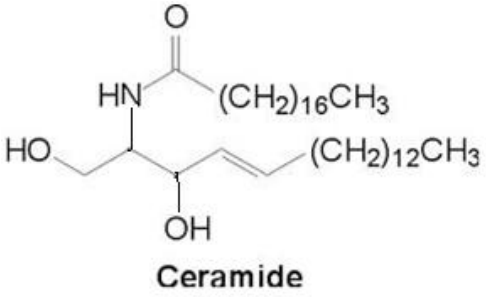
يوجد هذا المركب في أنسجة الدماغ والأنسجة العصبية ، ويشترك في عملية تخثر الدم . تعمل مثل هذه المركبات على تثبيت اللبيدات مع البروتينات والكربوهيدرات في الأغشية الخلوية بسبب احتوائها على مجاميع مستقطبة ، اضافة الى عملها في نقل الدهون من نسيج لآخر .

**اللبيدات الاسفنجية**

سميت بهذا الاسم بسبب احتوائها على **السفنكوسين** أو أحد مشتقاته وهذا المركب عبارة عن كحول غير مشبع يرتبط مع الايثانول أمين.



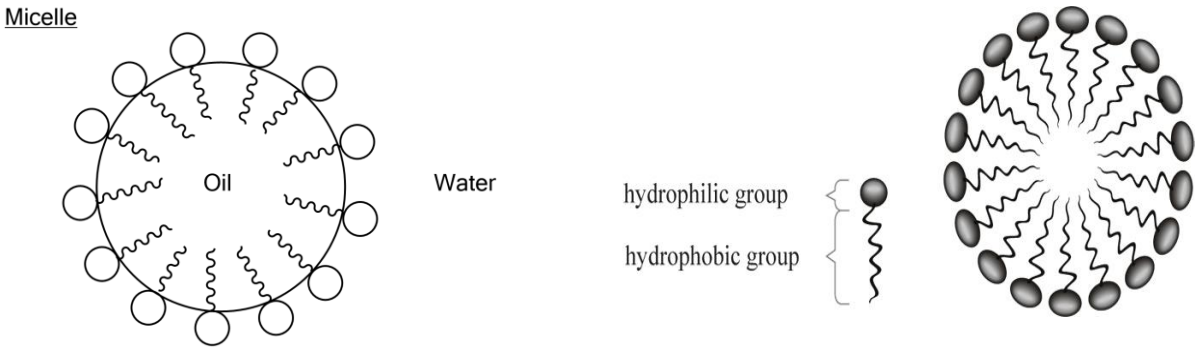

وتعد **مركبات السيراميد** من أنواع اللبيدات الاسفنجية وتتألف من ارتباط حامض دهني مع السفنكوسين وتشترك كمركبات وسطية لتكوين لبيدات اسفنجية أخرى.



**مركبات السفنكومايلين**

تتكون هذه المركبات من ارتباط وحدة السيراميد مع فوسفات الكولين أو فوسفات الايثانول أمين ، وتعتبر هذه المركبات من المكونات المهمة لغلاف النخاع ومادة عازلة للأنسجة العصبية ومن المكونات الأساسية لبروتوبلازم الخلية.

تمتاز هذه المركبات بامتلاكها على رأس قطبي (المجاميع المشحونة) ويكون محباً للماء وسلاسل هيدروكربونية طويلة لاقطبية تسمى بالذيل و تكون كارهة للماء (مركبات أمفيباثيكيق) . فاللبيدات على العموم لا تذوب في الماء غير أن اللبيدات الفوسفاتية بسبب امتلاكها الخاصية الأمفيباثيكية يمكن أن تتداخل وتذوب في الماء مكونة مايسمى بالمذيلات (micells).




**اللبيدات السكرية**

تحوي هذه المركبات على مجموعة سكرية ولكنها لاتحوي على حامض الفوسفوريك ومنها مركبات السيريبروسايد التي تتكون من سكر سداسي كالكلوكوز أو الكالاكتوز مرتبط مع السيرامايد . وتعد هذه المركبات من المكونات الريئيسية لأغلفة الدماغ والنخاع الشوكي والخلايا العصبية . ونظراً لاحتواء هذه المركبات على السفينكوسين فيمكن اعتبارها من الدهون السكرية - الاسفنجية. وتمتلك هذه المركبات الخاصية الأمفيباثيكية، حيث يمكن أن تتداخل وتذوب في الماء مكونة مايسمى بالمذيلات (micells).

**الليبيدات البروتينية**

تتألف من اتحاد الدهون مع البروتينات . ان الجزء الدهني المتحد بالبروتين هو ثلاثي أسيل الكليسيرول ودهن فوسفاتي وكولستيرول بنسب معينة (بين 30- 75%). وتدخل هذه المركبات في تركيب أغشية الخلايا وعضياتها، ومن وظائفها الأساسية لها وخصوصاً الموجودة في بلازما الدم هي القيام بنقل الدهون من الأمعاء الدقيقة الى الكبد ومن الكبد الى الأنسجة الدهنية والأنسجة الأخرى .

1. ده ون بروتينية ذات كثافة عالية HDL

تقوم بنقل الكوليستيرول و الدهون البروتينية الأخرى من الأنسجة المختلفة الى الكبد.

2. دهون بروتينية ذات كثافة واطئة LDL

تقوم بنقل الكوليستيرول من الكبد الى الأنسجة الأخرى.

3. دهون بروتينية ذات كثافة واطئة جداً VLDL

تقوم بنقل الدهون المتعادلة المتكونة في الكبد من الكبد والأمعاء الى الأنسجة الأخرى.

4. الكيلومايكرون

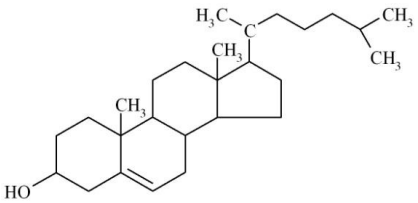
يقوم بنقل الدهون المتعادلة الخارجية التي منشأها الغذاء من الأمعاء الدقيقة الى الكبد والأنسجة الأخرى.

**الشموع**

هي أسترات لأحماض دهنية وكحولات أحادية الهيدروكسيل وذات سلسلة هيدروكربونية طويلة ، وهي مركبات غير مستقطبة تغطي سطح الجلد والفرو والريش وأوراق النباتات وفي الهيكل الخارجي لبعض أنواع الحشرات. مثال على ذلك مركب مايريسايل بالمتيت (شمع عسل النحل) أو مركب لانولين (دهن الصوف) وهو المادة الشمعية التي تغطي شعيرات الصوف.

**مركبات الستيرويد**

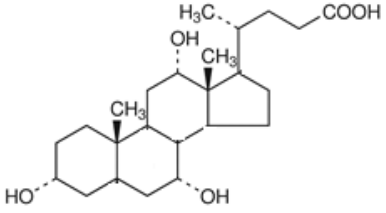
وتشمل الكولستيرول (الشائع الوجود في الحيوان والذي لايتواجد في الدهون النباتية) والهورمونات الستيرويدية (مشتقات الكولستيرول) وأملاح الصفراء وفيتامين D.




الكولستيرول

يرتبط معظم الكولستيرول في الدم مع أحماض دهنية غير مشبعة عبر مجموعة OH- ليكون أسترات الكولستيرول.

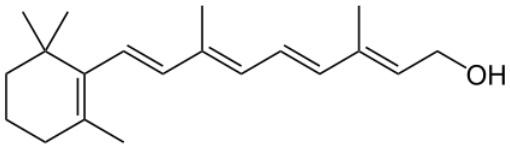
تتكون أملاح الصفراء في الكبد وتخزن في الصفراء(المرارة) ، تفرز في الأمعاء وتساعد في عمليات هضم وامتصاص الدهون وأهمها أملاح الكوليك ودي اوكسي كوليك.



**التيربينات**

مشتقات بوليمرية لوحدات **ايزوبرين** كمركب **β- كاروتين** الموجود في الجزر الذي يعد مركب وسطي لتكوين فيتامين A (ريتاينول). وتشمل التربينات على زيوت أساسية مثل الكامفر وعلى الأحماض الراتنجية والمطاط وغيرها.

$$CH_2 = \overset{\overset{CH_3}{|}}{C} - CH = CH_2$$

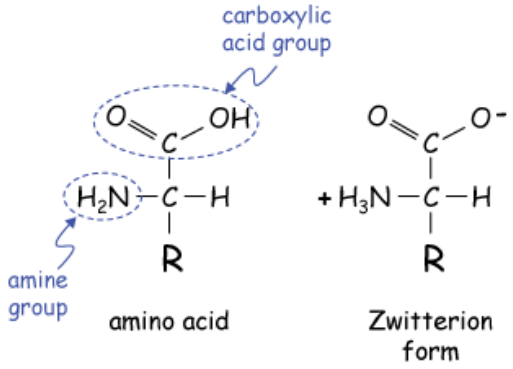



فيتامين A

**الأحماض الأمينية ، الببتيدات والبروتينات**

**الأحماض الأمينية**

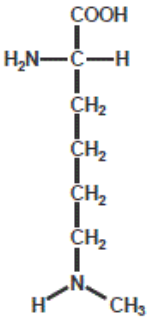
هي الوحدات الأساسية المكونة للبروتين وتكون موجودة في الغالب بصورة متأينة في سوائل الجسم الحي وفي pH=7 ،وتعرف هذه الأحماض الأمينية **بالأحماض الأمينية-α** لأن مجموعة الأمين تتصل بذرة الكاربون-α ويكون عدد الشائع منها عشرين.



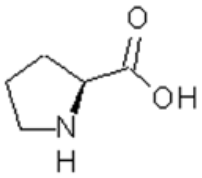

تسلك الأحماض الأمينية سلوك الأحماض الضعيفة لوجود COOH– وسلوك القواعد الضعيفة لوجود $NH_2$- ، ويطلق على المواد التي فيها صفتي الحامضية والقاعدية في نفس الوقت **بالمواد الأمفوتيرية** (وهي المواد التي يكون لها القابلية على التفاعل مع الحوامض والقواعد لتكوين الأملاح).

والأحماض الأمينية يمكن ان تتأين فيها مجموعتي الحامض والقاعدة في نفس الوقت لتكون أيونات ثنائية القطب تسمى **زويترأيون**.

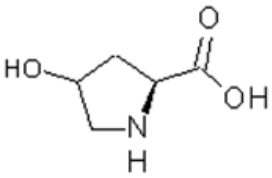
هناك أحماض أمينية أخرى تسمى **بالأحماض الأمينية النادرة** تدخل كعناصر ثانوية في تركيب بعض البروتينات المتخصصة وهي من مشتقات الأحماض الأمينية العشرين مثل (4-هيدروكسي برولين) الموجود في البروتين الليفي الكولاجين و( N-مثيل لايسين) الموجود في البروتين العضلي المايوسين .




**N-مثيل لايسين**




Proline

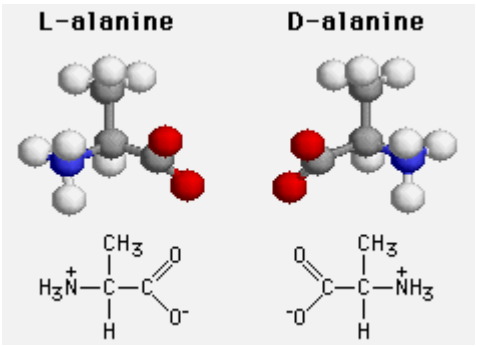



Hydroxyproline

كما توجد بعض الأحماض الأمينية بصورة طليقة أو مرتبطة ولكنها لاتدخل في تركيب بروتينات الكائنات التي تنتجها وتسمى **بالأحماض غير البروتينية** مثل β-الانين وهو من المواد الأولية لفيتامين حامض البانتوثنيك.

## الفعالية البصرية للأحماض الأمينية

تحوي جميع الأحماض الأمينية **عدا الكلايسين** على ذرة كاربون غير متماثلة (كيرالية) في تركيبها الكيميائي، وعليه فهي تتواجد اما بشكل L أو D.




تمتلك جميع الأحماض الأمينية الموجودة في الطبيعة تقريباً التوزيع الفضائي بشكل L- ولكن عزلت بعضها بشكل D- من الجدار الخلوي للكائنات المجهرية مثل D-الانين وD-كلوتاميك.

## التفاعلات المهمة للأحماض الأمينية

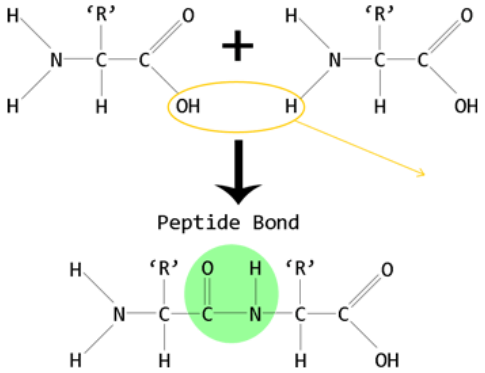
### التفاعل مع الكاشف النينهايدرين

تتفاعل الأحماض الأمينية مع النهايدرين لتكوين الألديهايد و $NH_3$ و $CO_2$. ترتبط جزيئة الأمونيا مع جزيئتين من الكاشف لتكوين معقد أزرق اللون .

هناك أحماض الأمينية تحوي على مجاميع فعالة يمكن أن تتفاعل مع بعض الكواشف لتعطي تفاعلاً لونياً خاص بها ، وبالتالي يمكن تمييزها ويعد هذا التفاعل مهماً جداً في ايجاد تركيب البروتين، حيث ان الكاشف يتفاعل مع مجموعة الأمين الحرة للحامض الأميني النهائي في بروتين ما، فيسهل تشخيص ذلك الحامض الأميني.

**البيبتيدات**

ترتبط الأحماض الأمينية مع بعض بواسطة أواصر ببتيدية لتكون جزيئات البيبتيد أوجزيئات البروتين .




فعند ارتباط جزيئتين من الأحماض الأمينية مع بعض يتكون بيبتيد ثنائي وعند ارتباط ثلاثة أحماض يتكو ن بيبتيد ثلاثي او رباعي ....وهكذا. يسمى الناتج بيبتيد متعدد اذا كان عدد الوحدات أقل من أربعين والوزن الجزيئي أقل من 5000, ويسمى الناتج بروتين اذا كان أكبر من ذلك . وتسمى الأحماض الأمينية المكونة لجزيئة ا لببتيد أو البروتين بمتخلفات الأحماض الأمينية . وتنتهي جزيئة الببتيد أو البروتين من الطرف الأيسر بمجموعة أمين حرة ، ومن الطرف الأيمن بمجموعة كاربوكسيل حرة .

**البيبتيدات الفعالة فسيولوجياً**

تحتوي الخلايا الحية على العموم على مركبات متعددة الببتيد ذات وزن جزيئي واطيء ولها فعاليات فسيولوجية منها:

- الكلوتاثايون: ببتيد ثلاثي (δ-Glu-Cys-Gly) موجود في جميع الكا ئنات الحية، وهو ضروي لعمل العديد من الأنزيمات وعمل الأنسولين اضافة الى عمله كمضاد للأكسدة (ازالة البيروكسيدات العضوية و $H_2O_2$ السامة).
- هورمون الأوكسيتوسين(يعمل على تقلص العضلات الملساء ) وهورمون الفاسوبريسين (يعمل على تقلص الأوعية الدموية) وكلا الهورمونين يكونان بشكل حلقي و يفرزان من الفص الخلفي للغدة النخامية.
- الكراميسيدين: ببتيد حلقي مؤلف من عشرة أحماض أمينية وينتج من قبل بعض البكتريا ، وهو من المضادات الحيوية.

## البروتينات

تكون البروتينات حوالي 50% من وزن الخلية الجافة، وتحوي الخلية حوالي 3000 نوع من البروتينات المختلفة. و يحتوي أصغر جزيء بروتيني على أكثر من 40 وحدة من الأحماض الأمينية من نوع α-L- .

تصنع البروتينات بواسطة خلايا النبات من $CO_2$ ، ماء ، نترات ، كبريتات بعملية التركيب الضوئي.

## العناصر التي تدخل في تركيب البروتينات

معظم البروتينات في الطبيعة تحتوي على خمسة عناصر وبالنسب الآتية:

| العنصر | معدل النسبة المئوية |
|---|---|
| C | 53 |
| H | 7 |
| O | 23 |
| N | 16 |
| S | 1 |

وهناك بعض البروتينات المتخصصة تحتوي على عناصر أخرى ، مثال الكاسئين (بروتين الحليب) يحتوي على الفسفور ، كما تحتوي بروتينات الغدة الدرقية على اليود ويحتوي الهيموكلوبين على الحديد. وتتميز البروتينات عن الكاربوهيدرات والدهون باحتوائها على نسبة عالية من النتروجين .

## الوظائف الأساسية للبروتينات

- عوامل محفزة للتفاعلات الحيوية في الخلية (انزيمات).
- عناصر تركيبية : مثل الكولاجين (يدخل في تركيب الأنسجة الرابطة ) ، الايلاستين (يدخل في تركيب جدران الأوعية الدموية والكيراتين (يدخل في تركيب الجلد والشعر والأظافر والريش).
- بروتينات ناقلة: مثل الهيموكلوبين (نقل الأوكسجين ) ، الألبومين (نقل الأحماض الدهنية الحرة والهورمونات والأدوية) و الايبوبروتين (نقل الدهون عن طريق الدم).
- بروتينات متقلصة: مثل الأكتين والمايوسين (في الجهاز الحركي المفصلي).
- بروتينات لصيانة الضغط الأزموزي ولصيانة ال pH : كبروتينات بلازما الدم وخصوصاً الألبومين.
- مصدر للطاقة.

## ترسيب البروتينات

يتم ترسيب البروتينات من محاليلها المائية بعدة تقنيات منها

1 - الترسيب بواسطة الأملاح
2 - الترسيب بواسطة المذيبات العضوية
3 - ترسيب البروتينات عند نقطة التعادل الكهربائي

**الطرائق الشائعة للتقدير الكمي للبروتين**

1 - طريقة كلدال
2 - طريقة المطياف الضوئي
3 - طريقة بايوريت

**تصنيف البروتينات**

تصنف البروتينات نسبة الى تركيبها الكيميائي الى البروتينات البسيطة و البروتينات المقترنة

*أولاً: البروتينات البسيطة أو المتجانسة* تحوي في تركيبها على أحماض أمينية فقط, وتختلف فيما بينها باختلاف صفاتها الفيزيائية والكيميائية وتشمل:

- البروتامينات
- الهستونات :
- الالبومينات:
- الكلوبيولينات :
- البرولامينات:
- الكلوتيلينات:
- السكليروبروتينات:

*ثانياً: البروتينات المقترنة أو المرتبطة*: تتكون من سلاسل ببتيدية مرتبطة مع مركبات كيمياوية أخرى كالسكريات والدهون والمعادن ومنها:

- الفوسفوبروتينات :
- الكلايكوبروتينات :
- البروتينات المعدنية :
- الكروموبروتين :
- البروتينات الدهنية :
- البروتينات النووية وتصنف البروتينات وفقاً لخواصها الفيزيائية الى صنفين:

**1 -** البروتينات الليفية :
**2 -** البروتينات الكروية

يحوي بلازما دم الانسان على ستة انواع من البروتينات وتتراوح نسبتها من 6-8 غم/100مل وتشمل:

- الألبومين:
- α-1-كلوبيولين:

- α-2-كلوبيولين:
- β- كلوبيولين:
- δ- كلوبيولين:
- الفايبرينوجين:

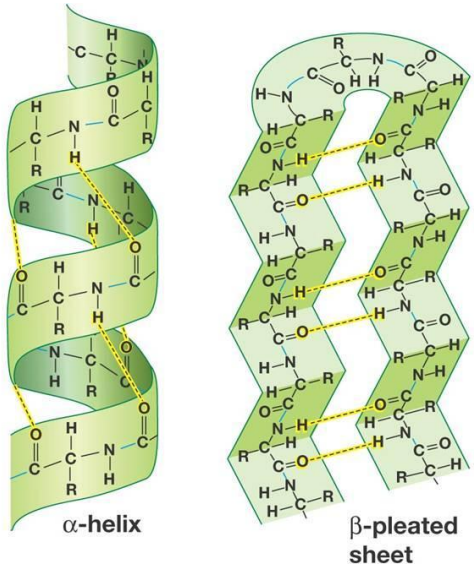
**<u>تركيب جزيئة الببتيد أوالبروتين</u>**

تمتلك جزيئة الببتيد أو البروتين تنظيمات تركيبية معينة، وتشمل التركيب الأولي والثانوي والثالثي والرابعي.

<u>التركيب الأولي</u>: ويشمل عدد ونوع وتسلسل الأحماض الأمينية الداخلة في تركيب الببتيد أو البروتين مثال: Ala-Ser-Ser-Gly-Gly-Asp وهذا يختلف عن Ala-Ser-Gly-Ser-Gly-Asp وعند حدوث أي تغيير في ذلك النظام تتولد الطفرة الوراثية.

<u>التركيب الثانوي</u>: ويتضمن كيفية التواء أو انطواء السلس لة الببتيدية أو البروتينية في الحالة الطبيعية على امتداد محور واحد. ويتمثل التركيب الثانوي بالأنواع المختلفة الآتية:

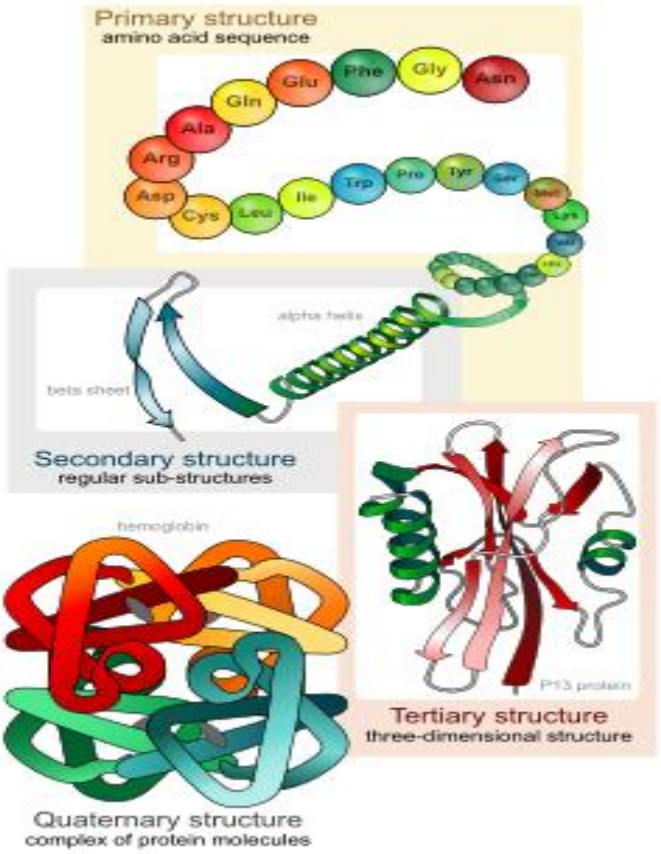
- المنحني الحلزوني-α :




- الصفائح المسطحة-β

<u>التركيب الثلاثي</u>: يحدد هذا التركيب الشكل الكلي لجزيء البروتين الكروي بأبعاده الثلاثة حيث يتحدد فيه كافة التفافات الجزيئة وعلى أكثر من محورللسلسلة الببتيدية . وهناك أكثر من آصرة تساعد على ثبات هذا الشكل ومنها القوى الهيدروجينية. وعادة ما تقع المجاميع R القطبية المحبة للماء على السطح الخارجي للشكل الكروي ، اما غير القطبية الكارهة للماء فتقع في الجزء الداخلي للشكل الكروي.

<u>التركيب الرباعي</u>: يشير هذا التركيب الى الطريق الذي تنتظم فيه عدد من السلاسل الببتيدية مع بعض لتكوين جزيء بروتيني معين. فقد تنتظم سلسلتين أو أربعة أو أكثر لتكوين الشكل الرباعي، مثال جزيئة الهيموكلوبين التي تتكون من أربعة سلاسل ببتيدية، اثنان منها –α باتجاه معين واثنان –β باتجاه معاكس، علماً ان سلاسل –α و-β لها نفس الأطوال والانحناءات والشكل الثلاثي الأبعاد.




## فقدان الصفات الطبيعية للبروتين(مسخ البروتين)

عندما تتغير الهيئة البنائية للبروتين تتغير صفاته الفيزيائية والطبيعية وهذا يسمى بالمسخ البروتيني، ويحدث ذلك لأسباب عديدة منها : تعرض محلول البروتين الى محيط حامضي أو قاعدي، أو الرج المستمر، أو الحرارة، أو مذيبات عضوية، أو للأشعة السينية أو الضوء أو الأمواج فوق الصوتية. مما يسبب تفكيك القوى الهيدروجينية أو أواصر S-S مما يسبب فقدان البروتين لبناءه التركيبي ووظائفه الحيوية ويقلل من قابلية ذوبانه.

## الانزيمات

مواد بروتينية قابلة للذوبان في الماء تتكون داخل الخلايا تعمل كمحفزات لزيادة سرعة التفاعلات الحيوية بنسبة انجاز تصل الى 100% ويمكن أن تعمل خارج الخلايا ، وتتخصص على مادة اساس واحدة أو على صنف متشابه من المواد الأساس . يوجد في الخلية الحية ما يقرب من 1000 انزيم، وتعمل الا نزيمات على تخفيض طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل . مثال انزيم الكاتاليز الذي يتخصص عمله على بيروكسيد الهيدروجين فقط:

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{كاتاليز}} 2H_2O+O_2$$

ان التفاعل المذكور يتم ببطيء بغياب الا نزيم ، وتتضاف سرعته مليون مرة بوجود الا نزيم لأن الانزيم يعمل على تخفيض طاقة تنشيط التفاعل، فـكل جزيئة انزيم تحفز هدم 90000 جزيئة$H_2O_2$ في الثانية الواحدة.

تعمل الكثير من الانزيمات بوجود مكونات خاصة تسمى "مرافقات الانزيم" وهي اما أن تكون معادن مثل Fe, Mg أو مركبات عضوية كالفيتامينات.

**تسمية الانزيمات**

وضعت تسمية نظامية للانزيمات وصنفت على اساسها الأنزيمات وفقاً لنوع التفاعل الذي تحفزه مثل :

- انزيمات الأكسدة والاختزال مثل انزيم الكاتالين.
- الانزيمات الناقلة مثل انزيمات GOT,GPT .
- الانزيمات المميئة وتشمل الانزيمات الهاضمة مثل انزيم السكريز وانزيم اللايبيز .

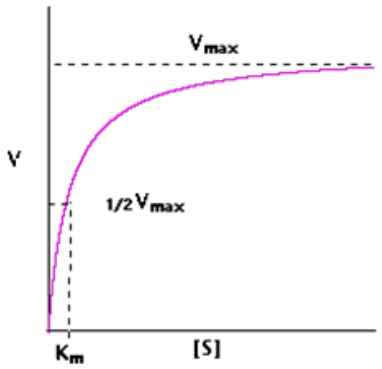
وهناك تسمية شائعة قديمة ولازالت تعتمد مثال:

- الببتايديز: تحلل الأواصر الببتيدية.
- السكويز: تحلل السكروز.
- الترانزامينيز: نقل مجموعة الأمين من مركب الى آخر مثل انزيمات GOT,GPT .
- الأوكسجينيز: ادخال الأوكسجين الى مادة الأساس.
- الآيزوميريز: تحويل المادة الأساس من نظير الى آخرمثلاً تحويل ال LالىD أو تحويل الألدو الى الكيتو أو بالعكس.

**العوامل التي تؤثر على فعالية الانزيم**

هناك خمسة عوامل تؤثر على فعالية الانزيم هي:

1 - الأس الهيدروجيني pH :
2 - درجة الحرارة:
3 - تركيز المادة الأساس:




- V= سرعة التفاعل الانزيمي
- $V_{max}$= السرعة القصوى للتفاعل الانزيمي
- $K_m$= ثابت ميكائيلس

- [S]= تركيز المادة الأساس

وهذا البياني يتمثل بالمعادلة الاتية (معادلة ميكائليس- منتن)

$$V = V_{max} \frac{[S]}{[S] + K_M}$$

$K_m$ يمثل تركيز المادة الأساس عندما تكون سرعة التفاعل الانزيمي تساوي نصف السرعة القصوى.

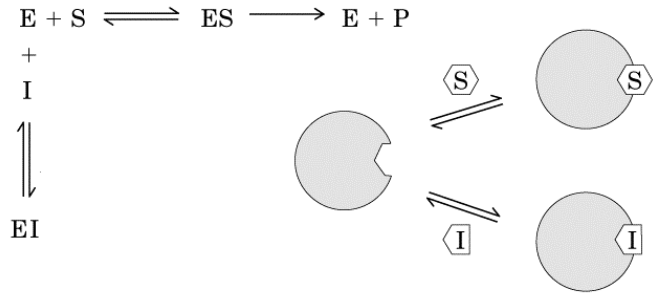
4 - تركيز الانزيم:

5 – المثبطات:

**أنواع التثبيط**

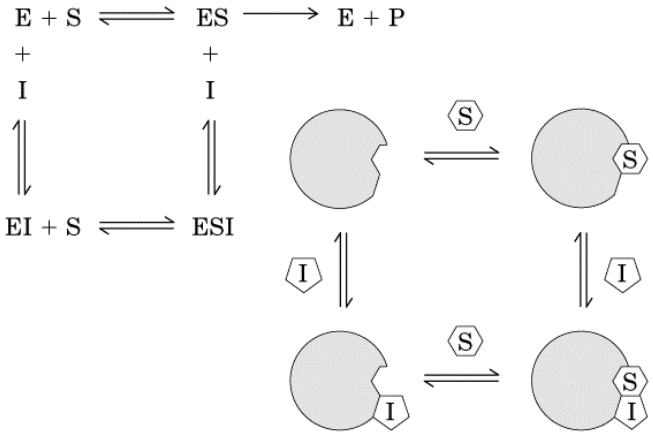
1 - التثبيط العكسي:

a) التثبيط التنافسي العكسي:



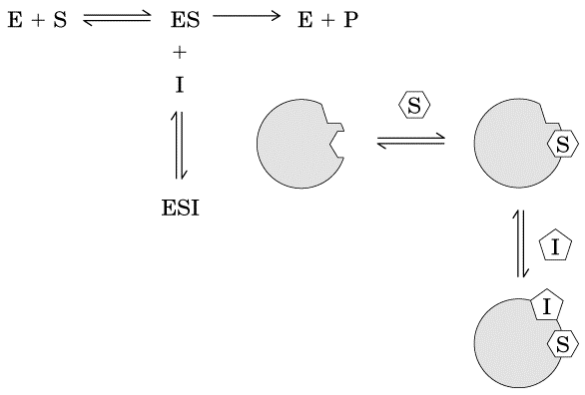

**Competitive inhibition**

b) التثبيط غير التنافسي العكسي




**Noncompetitive inhibition(Mixed)**

c) التثبيط اللاتنافسي العكسي:



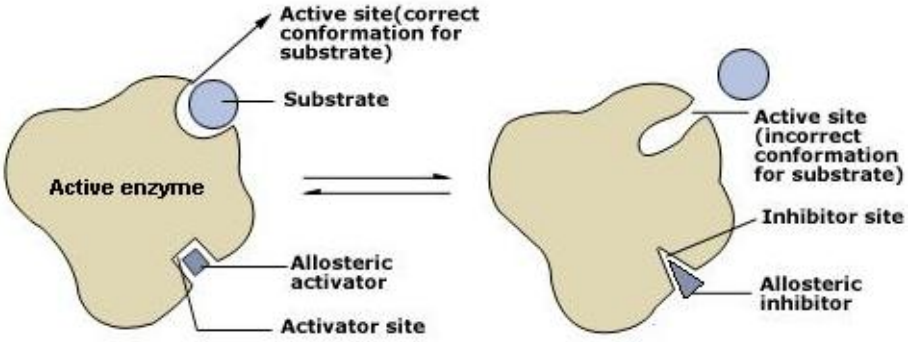

**Uncompetitive inhibition**

2 - التثبيط غير العكسي (تسمم الانزيم)

هناك مثبطات أو سموم غير عكسية لاتشبه تركيب المادة الاساس، تتحد بقوة مع الانزيم ولا يمكن فصلها عنه كالسيانيد

## الانزيمات الألوستيرية

بعض الانزيمات تحوي على موقع آخر يختلف عن الموقع الفعال يسمى بالموقع المنظم . يرتبط هذا الموقع بآصرة تساهميةً مع مواد خاصة تسمى بالمواد المعدلة أوالمنظمة . يقع تأثير المواد المنظمة على الموقع الفعال للانزيم ويكون تأثيرها اما موجباً مما يزيد من اقتران الانزيم بالمادة الأساس أو سالباً مما يقلل من اقتران الانزيم بالمادة الأساس . وعادة ما تعمل مثل هذه الانزيمات في المسارات الأيضية وحسب حاجة الخلية.




## الفيتامينات

مركبات عضوية ضرورية لانجاز الوظائف الحيوية بصورة صحيحية، وهي لاتصنع داخل الجسم بل يتم تناولها مع الغذاء، ومقدار حاجة الجسم لها يومياً حواي 50ملغم.

## مرافقات الانزيم (Coenzymes)

مركبات عضوية غير بروتينية تقترن بالانزيم وتساعد في عمله ، ويكون ارتباطها مع الانزيم اما ضعيف ومن السهل فصلها بالتخفيف أو الديلزة أو قوي وصعب الفصل وتسمى حينئذ بمترابطة الانزيم (prosthetic group) . وتعد الفيتامينات الذائبة في الماء وخاصة C وB مرافقات أو مصادر للمرافقات الانزيمية الفعالة.

**أنواع الفيتامينات:**

تقسم الى نوعين هما الفيتامينات الذائبة في الماء و الفيتامينات الذائبة في الدهون

**الفيتامينات الذائبة في الماء:**

وتشمل جميع فيتامينات المعقد B وفيتامين C. تعمل كمرافقات انزيمية أوكمركبات وسطية لتكوين مرافقات انزيمية.

فيتامين B1 (ثيامين):

فيتامين B2 (الرايبوفلافين):.

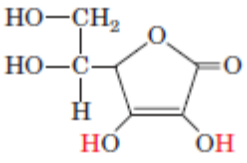
فيتامين B6 (البايريدوكسين):

فيتامين B12 (سيانوكوبالامين):

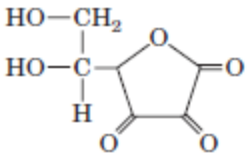
فيتامين B 3:

حامض الفوليك:

فيتامين C (حامض الأسكوربيك):



Ascorbic acid



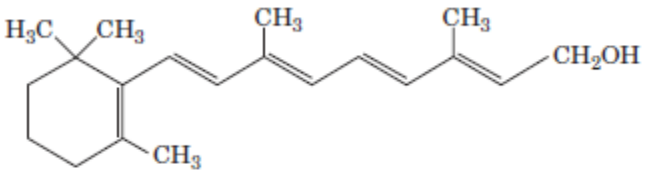
Dehydroascorbic acid

فيتامين H(البايوتين):

**الفيتامينات الذائبة في الدهون:**

هذه الفيتامينات لاتعمل كمرافقات انزيمية كما هو الحال في الفيتامينات الذائبة في الماء .

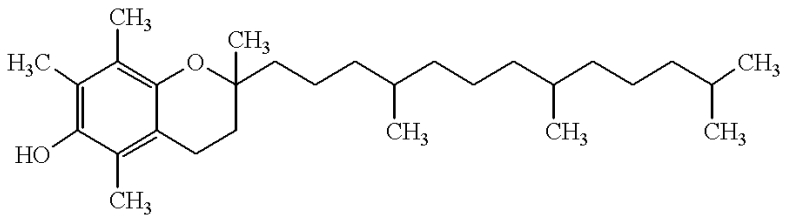
فيتامين A(ريتينول):



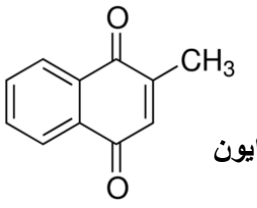

**Retinol**

فيتامين D: يدعى بفيتامين الشمس، ويوجد بشكلين مهمين هما فيتامين D2 (كالسيفيرول)و فيتامين D3(كولكالسيفيرول)، ويتم الحصول عليهما في الجسم عندما تتعرض المواد التي يتكونان منها الى أشعة الشمس أوأشعة UV.

فيتامين E(α-توكوفيرول): يوجد فيتامين Eفي الطبيعة بستة أشكال هي α –توكوفيرول، β – توكوفيرول، γ-توكوفيرول، δ-توكوفيرول، ايتا-توكوفيرول وزيتا-توكوفيرول. أكثر هذه الأشكال وفرة وفعالية هو α-توكوفيرول. يتم امتصاص هذا الفيتامين عن طريق الأمعاء ، يسبب نقصه ضمور العضلات والعقم في الحيوان.




فيتامين K:.

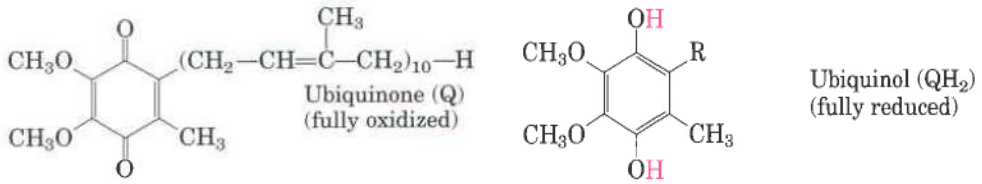



**الميناديون**

مرافقات انزيمية لاتحوي فيتامينات

ليست جميع مرافقات الانزيم هي فيتامينات، المرافق الانزيمي Q (coenzyme Q) المسمى يوبيكوينون وكذلك حامض الليبويك.

يدخل المرافق الانزيمي Q في عمليات نقل ذرات الهيدروجين والألكترونات في السلسلة التنفسية داخل المايتوكوندريا ويستطيع جسم الانسان تكوين هذا المركب حسب حاجته.



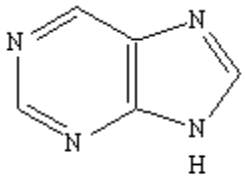

أما حامض الليبويك فهو في شكله المختزل حامض دهني ذو سلسلة قصيرة فيها مجموعتان SH– وفي شكله المؤكسد ترتبط مجموعتي SH– بآصرة ثنائية الكبريت.

يتحد حامض الليبويك مع وحدة اللايسين فيتحول الى الشكل الفعال ليبوأميد الذي يشارك انزيم بايروفات ديهايدروجينيس في تكوين المرافق الانزيمي أسيتايل- CoA من البايروفات الناتج من انحلال الكلوكوز (glycolysis).

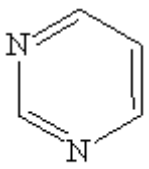
## النيوكليوتيدات والأحماض النووية

تعمل النيوكليوتيدات كوحدات تركيبية للأحماض النووية ANR و DNA وتشارك في نقل المعلومات الوراثية , ويعتبر بعضها مصدراً غنياً بالطاقة مثل ATP , ويعمل بعضها كرسل كيمياوية للسيطرة على بعض العمليات الأيضية مثل cAMP وcGMP , ويعمل بعضها كمرافقات انزيمية مثل $NAD^+$ و $NADP^+$ويشارك بعضها في تكوين الكاربوهيدرات مثل UTP.

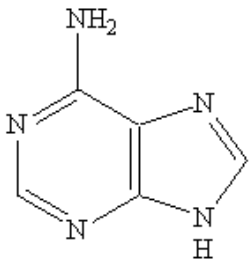
من المكونات الرئيسية للنيوكليوتيدات والأحماض النووية هي القواعد النتروجينية ، وهناك نوعين من القواعد النتروجينية التي تشترك في يكوين النيوكليوتيدات هي:
قواعد البيورين (الأدنين والكوانين) وقواعد البايريميدين (اليوراسيل والثايمين والسايتوسين).



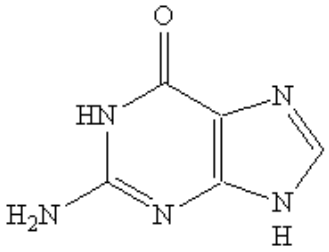
**Purine**



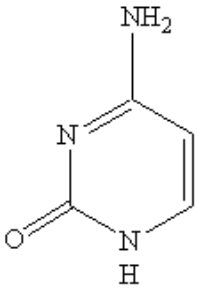
**Pyrimidine**



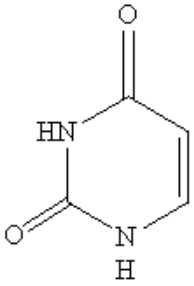

Adenine (A)



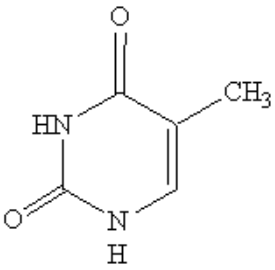

Guanine (G)




Cytosine (C)




Uracil (U)



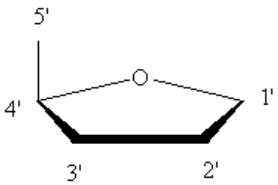

Thymine (T)
(5-methyluracil)

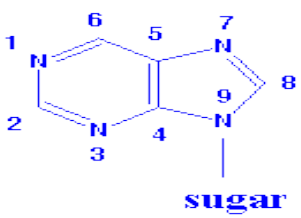
تتواجد القواعد النتروجينية في الطبيعة على هيئة مركبات نيوكليوسيد ونيوكليوتيد

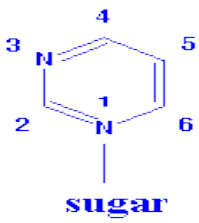
**النيوكليوسيدات**

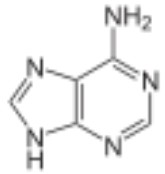
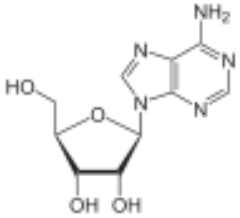
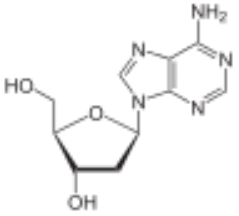
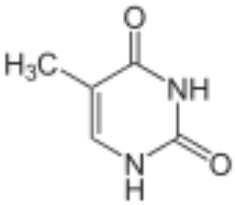
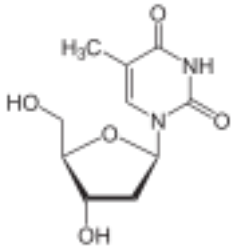
يتألف النيوكليوسيد من قاعدة نتروجينية (بيورين أو بايريميدين ) متصلة بجزيئة سكر (رايبوز أو دي أوكسي رايبوز)، وتسمى هذه النيوكليوسيدات :

أدينوسين وكوانوسين وسايتيدين ويوريدين عندما يكون السكر رايبوز



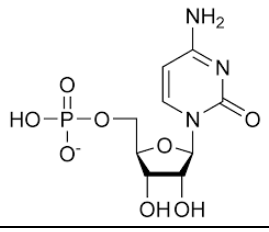



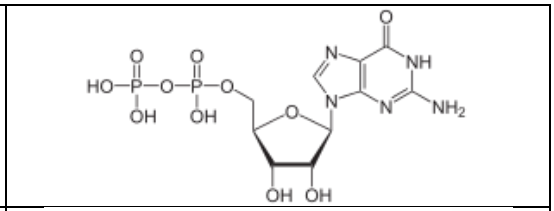
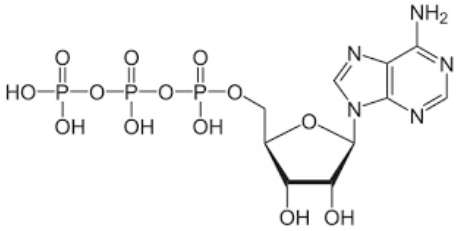



| Nitrogenous base | Ribonucleoside | Deoxyribonucleoside |
|---|---|---|
|  Adenine |  Adenosine |  Deoxyadenosine |
|  Thymine | |  Deoxythymidine |

**النيوكليوتيدات**

النيوكليوتيد هو عبارة عن نيوكليوسيد مفسفر (نيوكليوسيد + حامض الفوسفوريك) ويتم ارتباط حامض الفوسفوريك عن طريق مجموعة OH لذرة الكاربون في الموقع 5 للسكر الخماسي. وهكذا فان AMP يتكون من (أدنين + رايبوز + فوسفات)، بينما يتكون dAMP من (أدنين + 2- دي أوكسي رايبوز + فوسفات). وتكون النيوكليوتيدات أما أحادية أو ثنائية أوثلاثية الفوسفات.

| التركيب | الاسم |
|---|---|
|  | سايتدين -5- أحادي الفوسفات |

| | |
|---|---|
| كوانوسين -5¯ - ثنائي الفوسفات |  |
| أدينوسين -5¯ - ثلاثي الفوسفات |  |

أكتب التركيب الكيميائي لكل من النيوكليوتيدات الآتية:

CMP , CDP , CTP , dCMP , dCDP , dCTP

GMP , GDP , GTP , dGMP , dGDP , dGTP

AMP , ADP , ATP , dAMP , dADP , dATP

dTMP , dTDP , dTTP

UMP , UDP , UTP

للنيوكليوتيدات الحرة (التي لاتدخل في تركيب الأحماض النووية) دورفي عمليات أيضية مختلفة مثال:

UMPوAMP لها دور في العمليات الأيضية للكاربوهيدرات.

ADPوATP تشارك في عمليات الفسفرة التأكسدية.

ATP يعتبر مصدراً وناقلاً للطاقة، فعند تحوله الى ADPو P يحرر 7000سعرة من الطاقة الكامنة.

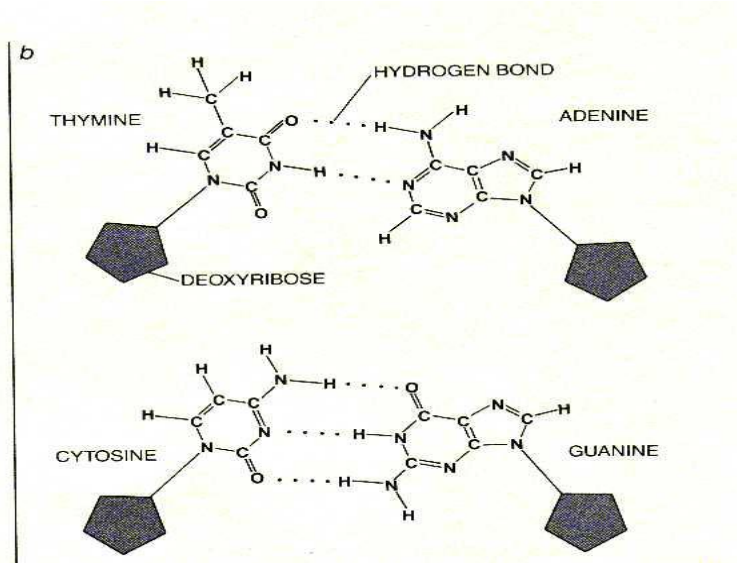
**<u>الأحماض النووية</u>**

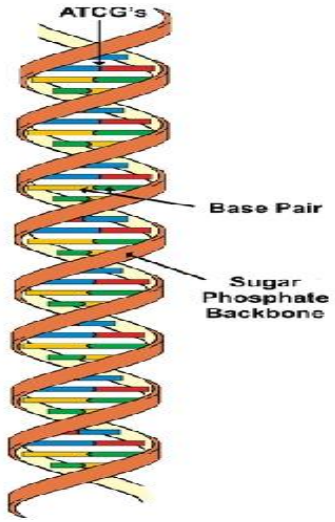
تتكون الأحماض النووية من وحدات تركيبية هي النيوكليوتيدات التي ترتبط مع بعضها بوساطة آصرة 3¯ - 5¯ - فوسفات ثنائية الأستر.

**<u>الحامض النووى DNA</u>**

افترض واتسون وكريك ان ال DNA يتكون من سلسلتين حلزونيتين من متعدد النيوكليوتايد ملتفتين حول محور واحد لتكوين حلزون مزدوج، وان هاتين السلسلتين تسيران باتجاهين متعاكسين (غير متوازيتين)، وان قواعد البيورين والبايريميدين لكل سلسلة تكون مرتبة الى الداخل من الحلزون المزدوج، ويتم ارتباط القواعد في السلسلتين بواسطة قوى هيدروجينية. (قوتين هيدروجينيتين بين AوT وثلاث قوى هيدروجينية بين CوG). فأينما يكون الأدنين في السلسلة فان الثايمين يكون مقابل له في

السلسلة الأخرى، وأينما يكون الكوانين في السلسلة فان السايتوسين يكون مقابل له في السلسلة الأخرى والعكس بالعكس.




## درجة ذوبان ال DNA

تتحطم جزيئات ال DNA عادة بزيادة قليلة في درجات الحرارة على العكس من البروتينات الكروية التي تفقد صفاتها تدريجياً في مدى واسع من درجات الحرارة . ان تحطيم ال DNA وتغيير صفاته الطبيعية بالحرارة تعرف بالذوبان.

## تغير الصفات الطبيعية (مسخ) ال DNA

يكون ال DNA ثابت التركيب في درجات الحرارة الاعتيادية و PH=7 ، ولكنه يعاني تغيراً في التواءاته الحلزونية وانعداماً في ترتيبها عند تعرضه الى تغير عال في ال PH ودرجات حرارة عالية بين 70-80

درجة مئوية أو عند تعرضه الى تركيز عال من الكحول أو اليوريا وبعض المواد الأخرى (كما هو الحال في البروتينات)

**الطفرات الوراثية**

عند تعرض ال DNA في الكائن الحي الى طاقة اشعاعية كأشعة أكس أو فوق بنفسجية أو عوامل كيميائية لها القدرة على التأثير على القواعد النتروجينية كحامض النتروز الذي يستطيع تحويل مجموعة الأمين الى مجموعة الهيدروكسيل، فان ذلك يسبب تغيرات كيميائية وفيزيائية في ال DNA ونتيجة لذلك تنكون بروتينات يكون تسلسل الأحماض الأمينية فيها متغير .

**الحامض النووي RNA**

يتكون ال RNA من سلسلة طويلة واحدة لمتعدد نيوكليوتيدات قواعده الرئيسية هي A,G,C,U. وتكون جزيئات ال RNA في الخلية على ثلاثة أنواع رئيسية هي:

RNA الناقل (tRNA) و RNA الرسول (mRNA) و RNA الرايبوسومي (rRNA).

**الحامض النووي الرايبوزي الناقل tRNA**

يتواجد في السايتوبلازم وبنسبة 10-15% من ال RNA الكلي للخلية . ويعمل على نقل الأحماض الأمينية الى مراكز تكوين البروتين، وتتخصص جزيئة واحدة على الأقل لكل حامض أمين ي. وقد يصل عدد جزيئات ال tRNA الى $10^8$ جزيئة في الخلية الواحدة . ويتراوح طول سلسلة النيوكليوتيد المكونة لجزيئة ال tRNA الواحدة الى 67-85 وحدة نيوكليوتيد . ولجزيء ال tRNA تركيب مستقر خاص يتضمن مناطق حلزونية والتفافات (تشبه ورقة البرسيم ) يكون التآصر الهيدروجيني بين القواعد النتروجينية فيها أعلى ما يمكن . ويكون أحد أطرافه ينتهي بـالأدينوسين ، وهو الطرف الحامل للحامض الأميني. ولكل جزيئة tRNA ثلاث نيوكليوتيدات متعاقبة ومحددة وتشغل موقع محدد تدعى بالدالة المقابلة أو المكملة (anticodon).

**الحامض النووي الرايبوزي الرايبوسومي (rRNA)**

يؤلف هذا الحامض نسبة 80% من تركيب الرايبوسومات اضافة الى البروتين . و الرايبوسومات تعتبر المواقع الأساسية لتكوين البروتين. يوجد في الخلية الحيوانية حوالي $5x10^6$ من الرايبوسومات وتتألف الرايبوسومات عموماً من وحدتين ثانويتين مختلفتان في الحجم تعملان كوحدة متكاملة في تكوين البروتين، ويحتوي تركيب كل وحدة على ال rRNA الذي يؤلف أكثر من نصف ،ويؤلف البروتين الجزء المتبقي منها.

**الحامض النووي الرايبوزي الرسول (mRNA)**

تحتوي الخلية الواحدة على المئات من ال mRNA ويؤلف هذا الحامض نسبة 3-5% من ال RNA الكلي للخلية. يوجد حوالي 1000 جزيء من mRNA في بكتريا E.coli . وعندما يكون طول سلسلة

البروتين 300-500 حامض أميني فانه يكون طول جزيء ال mRNA المطابق 900-1500نيوكليوتيد، حيث ان كل جزيء واحد منmRNA يحمل شفرات تحدد تكوين نوع واحد من البروتين وبعضها أكثر من نوع .

تتكون جزيئات ال mRNA داخل نواة الخلية بطريقة الاستنساخ لتسلسل بعض القواعد النتروجينية في الDNA، ثم تنتقل جزيئات ال mRNA المتكونة الى الرايبوسومات في السايتوبلازم لغرض تكوين البروتين بالاشتراك مع كل من tRNA و rRNA.

**الطاقة الحياتية ، انتقالاتها وتحولاتها**

بعض الكائنات الحية مثل النباتات تقوم بصنع غذائها بنفسها "ذاتية التغذية" ، وهي تبني المواد العضوية مثل الكاربوهيدرات والدهون والأحماض النووية والبروتينات من الماء وثاني أوكسيد الكاربون ومن مركبات بسيطة تحوي على النتروجين والفسفور وعناصر أخرى وبوجود ضوء الشمس كمصدر للطاقة. أما الحيوانات متعددة الخلايا فيكون غذائها خارجياً "متباينة التغذية"، وتعتمد على مركبات عضوية متكونة مسبقاً كمادة غذائية وكمصدر للطاقة.

**دور ال ATP في نقل الطاقة**

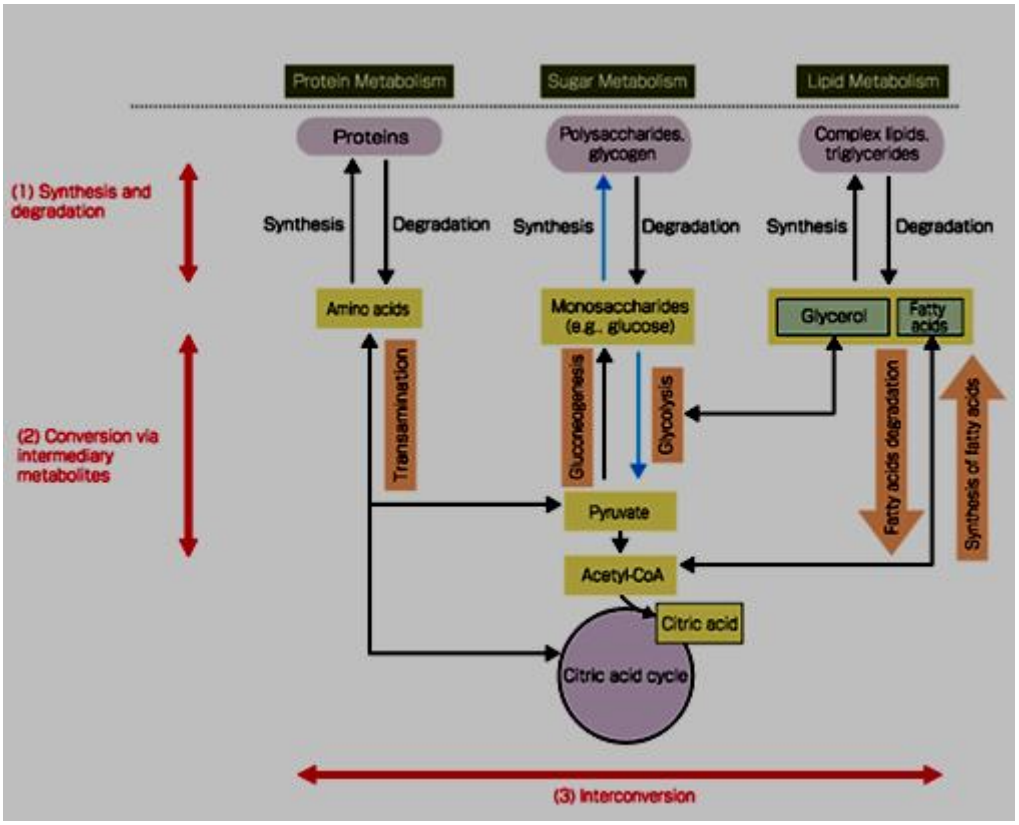
ان عملية هدم وتحليل جزيئات الغذاء المعقدة كالكلوكوز تحرر طاقة بعضها بشكل طاقة حراريةللحفاظ على درجة حرارة الجسم كما في الحيوانات الراقية، والجزء الأكبر بشكل طاقة كيميائية بتكوين ال ATP من ADP والفوسفات اللاعضوي Pi، وتسخدم ال ATP بصورة عامة كنظام موصل وناقل للطاقة بين العمليات المنتجة والعمليات المستهلكة للطاقة . وفي أدناه الأنواع المختلفة الرئيسية من الشغل الذي ينجزه المركب ATP:

1. في بناء مركبات حياتية مختلفة في الخلية وحسب حاجة الخلية.
2. يعمل مصدراً للطاقة اللازمة للتقلص والحركة.
3. في نقل المواد الغذائية عبر الأغشية الخلوية.
4. في نقل المعلومات الوراثية والبناء الحيوي لل DNA و RNA.
5. في المحافظة على درجة حرارة الجسم.

**العمليات الأيضية الحياتية**

يعرف الأيض الحياتي (metabolism) بأنه المجموعة الكلية للتفاعلات الأنزيمية التي تحصل داخل الخلية الحية. وتقسم العمليات الأيضية الى قسمين رئيسيين هما عمليات الهدم (التقويض) الحياتي، و عمليات البناء (التكوين) الحياتي.

وقد وجد بان العمليات الأيضية الأساسية تحدث بشكل متشابه في كل من الخلايا الحيوانية والنباتية ، وتنتظم بثلاث مراحل رئيسية كما موضح في الشكل:




**المراحل الثلاثة للعمليات الهدمية والبنائية**

## المركبات الأيضية الوسيطة (metabolites)

هي المواد الناتجة من التفاعلات الانزيمية المتعاقبة على المواد الممتصة داخل الخلية عقب عملية الهضم . حيث تتحول الجزيئات الى مواد أكثر بساطة.

فالسكريات السداسية والخماسية تتحول الى سكر ثلاثي مفسفر (كليسيرالديهايد-3-فوسفات) الذي يتحول الى البايروفات، والمركب الأخير له القدرة على الدخول الى داخل المايتوكوندريا ثم التحول الى أسيتايل كو A بوجود معقد الانزيم بايروفات ديهايدروجينيز وفق المعادلة التالية.

$$CH_3COCOOH + CoA\text{-}SH + NAD^+ \rightarrow \ Acetyl\text{-}CoA + CO_2 + NADH + H^+$$

كما ان الأحماض الدهنية وبعض الأحماض الأمينية هي كذلك تتحول الى أسيتايل كو A. والأخير يدخل في دورة كريبس ويتحول الى $CO_2$ ويصاحبه انتاج طاقة بشكل ATP.

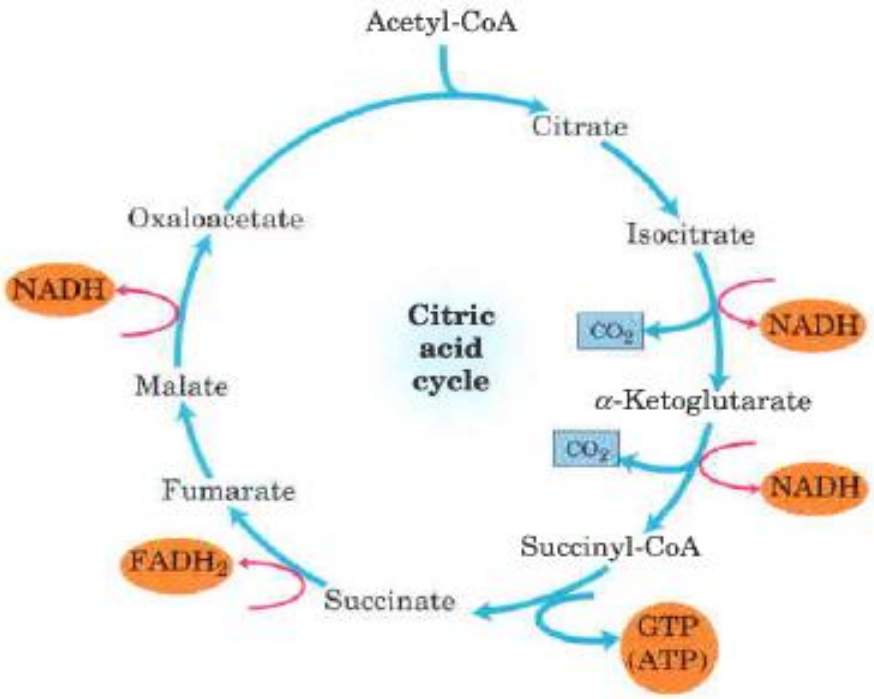
هناك عدة عوامل تشارك في تنظيم عمليات تكوين الوسطيات الأيضية أهمها : مقدار استهلاك وتكوين ال ATP والأنزيمات التي تسيطر على سرعة المسارات الأيضية وخاصة الانزيمات الألوستيرية وكذلك مرافقات الانزيم مثل NADH و NADPH التي تؤثر على أيض السكر والدهون اضافة الى الهورمونات كالأنسولين مثلاً للسيطرة على الاستخدام الطبيعي للكلوكوز في الدم.

## دورة الحامض ثلاثي الكاربوكسيل (دورة كربس)

تحصل هذه الدورة في المايتوكوندريا للخلايا الحيوانية ومعظم الأحياء المجهرية والأنسجة النباتية وتسمى كذلك بدورة حامض الستريك. وتعتبر هذه الدورة المحور المركزي للعمليات الأيضية للسكريات والأحماض الدهنية والأحماض الأمينية.

## التفاعلات المتعاقبة لدورة كربس

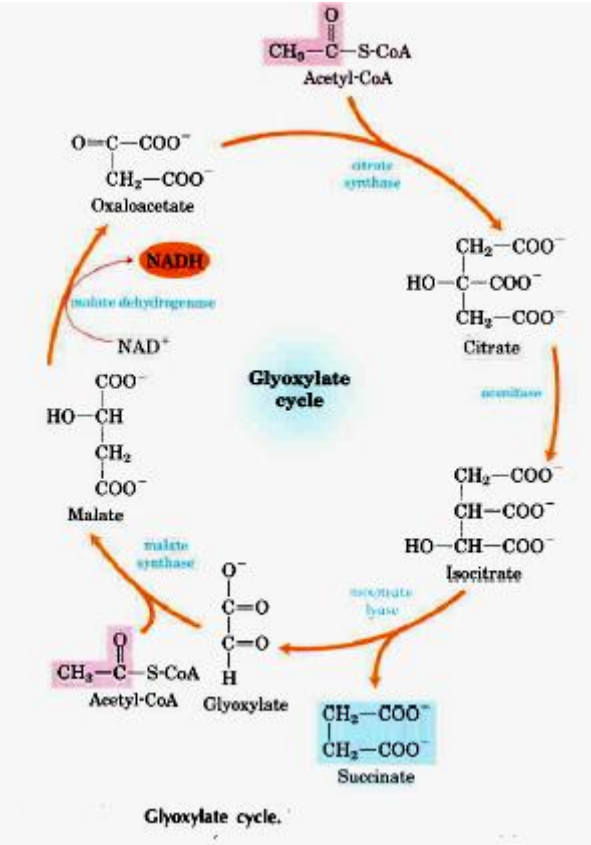
1. تكثيف الأسيتايل كو A مع الأوكسالوأسيتات.
2. تحول السيترات الى الآيزوسيترات.
3. أكسدة الآيزوسترات ليتحول الى α-كيتوكلوتيرات ATP.
4. أكسدة α-كيتوكلوتيرات الى سكسنيايل كو A.
5. تحويل سكسنيايل كو A الى السكسينات
6. أكسدة السكسينات الى الفومارات.
7. اضافة جزيئة ماء الى الآصرة المزدوجة في الفومارات.
8. أكسدة الماليت الى الأوكسالوأسيتات
9. ارتباط الأوكسالوأسيتات مع الأسيتايل كو A مرة أخرى لاعادة الدورة.



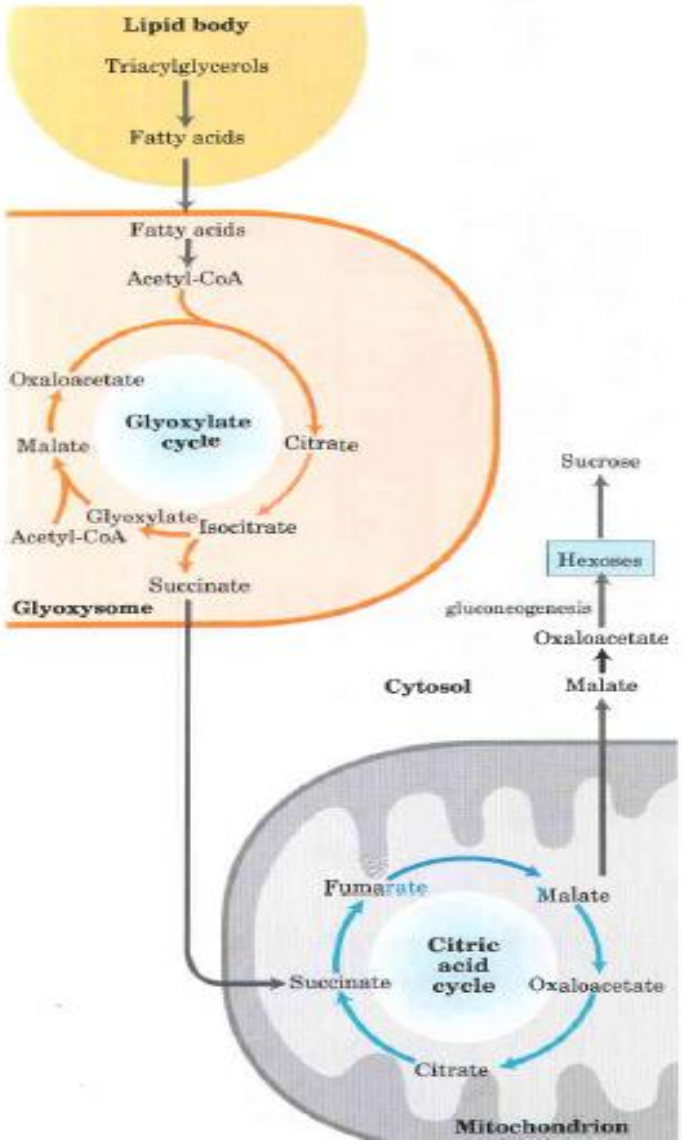
## دورة حامض الكلايوكسيليك

بعض أنواع البكتريا والأشنات وبعض النباتات الراقية في الفترة المبكرة من انبات بذورها تستخدم الأسيتات مصدرً للطاقة ولتكوين جميع مركبات الخلية عبر مايسمى بدورة حامض الكلايوكسيليك . وتعد هذه الدورة مسار حياتي متحور دورة ال TCA وعبر الخطوات الآتية:

1. تكثيف الأسيتايل كو A مع الأوكسالواسيتات.
2. تحول السيترات الى الآيزوسيترات.
3. انشطار الآيزوسيترات الى السكسينات والكلايوكسيلات.
4. تكثيف الكلايوكسيلات مع جزيئة أخرى من الأسيتايل كو A لتكوين الماليت.
5. أكسدة الماليت الى الأوكسالوأسيتات



Glyoxylate cycle.




**Relationship between the glyoxylate and citric acid**

## السلسلة التنفسية والفسفرة التأكسدية

يطلق على عملية انتقال الألكترونات من الوقود الغذائي الى الأوكسجين الجزيئي في الخلية بعملية "التنفس الخلوي". فمجاميع الأسيتايل كو A المشتقة من الدهون والكاربوهيدرات والأحماض الأمينية تدخل دورة كربس (TCA) ويزال منها ذرات الهيدروجين التي تحول ال $NAD^+$ الى NADH ويتخلف ال$CO_2$ كناتج نهائي من عملية التنفس الخلوي. تنتقل ذرات الهيدروجين أو مايكافؤها من الألكترونات عبر ما يسمى "بسلسلة ناقلات الألكترونات أوالسلسلة التنفسية" لتصل الى جزيئات الأوكسجين كمستقبل نهائي للألكترونات (أو لذرات الهيدروجين )، وعبر هذا الانتقال ستتحرر كميات كبيرة من الطاقة معضمها بشكل ATP من ارتباط ADP مع Pi بعملية تسمى "بالفسفرة التأكسدية ".

**أيض الكاربوهيدرات**

الكاربوهيدرات الرئيسة المتناولة هي النشأ والسليلوز الموجودة في الأغذية النباتية والكلايكوجين الذي يزود من المصادر الحيوانية. يتحلل النشأ والكلايكوجين الى كلوكوز بفعل انزيمات موجودة في القناة الهضمية.

تبدأ عملية هضم السكر في الفم بفعل انزيم الأميليز اللعابي الذي يساعد على التحلل المائي لآصرة α1←4 يحول النشأ والكلايكوجين الى كلوكوز ومالتوز وسكريات قليلة الوحدات، وتكتمل عملية هضم السكريات في الأمعاء الدقيقة بفعل انزيم الأميليز البنكرياسي الذي يساعد على التحلل المائي لآصرة α1←6 و انزيم المالتيس الذي يحول السكر الثنائي (مالتوز) الى كلوكوز.

**تفاعلات الكلايكوليسيس المتعاقبة (انحلال السكر)**

يتم هذه المسار الأيضي في سايتوبلازم الخلية بالخطوات الآتية:

1. فسفرة الكلوكوز الى كلوكوز-6-فوسفات.
2. تحويل الكلوكوز-6-فوسفات الى نظيره فركتوز-6-فوسفات.
3. فسفرة الفركتوز-6-فوسفات الى فركتوز1،6- ثنائي الفوسفات
4. انفلاق جزيئة فركتوز1،6- ثنائي الفوسفات الى جزيئتين ثلاثية الكاربون
5. تحويل المركب ثنائي هيدروكسي أسيتون فوسفات الى كليسيرالديهايد- 3-فوسفات بفعل انزيم ترايوز- فوسفات ايزوميريس، فيصبح الناتج الاجمالي جزيئتين من كليسيرالديهايد- 3-فوسفات.
6. أكسدة الكليسيرالديهايد-3-فوسفات مع ارتباط مجموعة الفوسفات اللاعضوية بناتج الأكسدة (دون استهلاك لجزيئة ATP) ليتكون 1،3-ثنائي فوسفوكليسيرات
7. ازاحة الفوسفات من 1،3-ثنائي فوسفوكليسيرات
8. تحويل المركب 3- فوسفوكليسيرات الى نظيره 2- فوسفوكليسيرات بفعل انزيم فوسفوكليسيروميوتيس.
9. ازاحة جزيئة ماء من المركب 2- فوسفوكليسيرات.
10. تحلل المركب فوسفواينول بايروفيت الى البايروفيت بفعل انزيم بايروفيت كاينيس وارتباط مجموعة الفوسفات مع جزيئة ADP لتتولد جزيئة ATP.

**مصير البايروفات**

1 - اما أن يتحول البايروفات المتكون الى الاسيتايل كو A (انحلال السكر الهوائي).
2 - أو يختزل البايروفات بالمسار اللاهوائي (مسار انحلال السكر اللاهوائي )ويكون ذلك بمسارين:

الأول اختزال البايروفات الى اللاكتيت بوجود انزيم اللاكتيت ديهايدروجنيس ويحدث ذلك في البكتريا وفي الأنسجة الحيوانية الشحيحة الأوكسجين كالعضلات ويسمى بالتخمر اللاكتيكي.

الثاني اختزال البايروفات الى الاستلديهايد

ثم يختزل الاستلديهايد الى الكحول بوجود انزيم الكحول ديهايدروجنيس ويسمى ذلك بالتخمر الكحولي