

بسم الله الرحمن الرحيم
(وقل ربي زدني علماً)

صدق الله العلي العظيم

تقديم المؤلف :-

الحمد لله رب العالمين والسلام على سيدنا ورسولنا محمد واله الطيبين الطاهرين .
نظراً لتنوع المصادر العملية الخاصة بموضوع الكيمياء الحياتية وعدم وجود كتاب شامل لجميع مفردات المادة
والخاصة بمنهج الكيمياء الحياتية لأقسام علوم الحياة والكيمياء مما دفعني لتأليف كتاب أطلقت عليه (مبادئ
الكيمياء الحياتية) يمتاز ببساطته وسهولة موضوعاته معززاً ذلك بالتركيب الكيمياوية المبسطة وقد تناول الماء
والكاربوهيدرات والدهون والأحماض الامينية والنيوكليوتيدات والأنزيمات والفيتامينات والايض الحياتي مُلاً أن
أكون قد وفقت في وضع لبنة من لبنات البيت العلمي الكبير واضعاً خبرتي في تدريس المادة في الجامعات
العراقية المختلفة في الدراسات الأولية والعليا ولسنين طويلة في خدمة أبنائي الطلبة وسالكي طريق العلم شاكراً
جميع من أسهم بملاحظاته القيمة في إخراج هذا الكتاب ومن الله التوفيق .

المؤلف

الدكتور مظهر نبات عبد علي
جامعة بابل /كلية العلوم للبنات

(الفصل الأول)

مقدمة عن الكيمياء الحياتية introduction about biochemistry

يمكن تعريف الكيمياء الحياتية بأنها كيمياء الحياة أو هو العلم الذي يزودنا بالتفسير الجزئي للعمليات الحياتية وكذلك هو العلم الذي يهتم بدراسة العمليات ذات العلاقة بالكائنات الحية .
لقد تطورت الكيمياء الحياتية في الجزء الأخير من القرن التاسع عشر نتيجة لازدياد المعلومات وتوافرها بدأ التفكير بالتمييز بين الكائنات الحية وغير الحية .

تركز الجدول حول الاختلاف بين المركبات العضوية organic compounds وغير العضوية Inorganic compounds فمثلاً المواد التي يمكن الحصول عليها من مصدر غير حي تسمى غير عضوية بينما التي تم الحصول عليها من كائنات حية بصورة مباشرة أو غير مباشرة تسمى مركبات عضوية C.Organic .

في سنة 1828 استطاع العالم فوهلر من إنتاج مركب عضوي وهو اليوريا Urea من اصل غير عضوي واعتماداً على ذلك تم تصنيع مركبات أخرى عضوية من مركبات غير عضوية .

من السهولة ملاحظة الاختلاف بين الأشياء الحية وغير الحية إذ أن الأشياء الحية يمكن أن تتنفس وتتغذى وتتمو وتتكاثر بينما لا تمتاز الأشياء غير الحية بذلك ولغرض فهم الكيمياء الحياتية يكون من المناسب الأخذ بنظر الاعتبار أولاً العناصر والمكونات التي تدخل في تركيب الكائنات الحية حيث أن الذرات الغالبة في تركيبها هي H, C, S, P, O, N وهذه الذرات تؤلف جزيئات المواد الحية. وتوجد جزيئات المواد الحية بهيئتين وهما :

جزيئات المواد الحية الصغيرة Micro molecules

تشمل الأحماض الامينية والسكريات البسيطة والأحماض الدهنية وكذلك البيورينات والبايريميدينيات حيث أن هذه الجزيئات تمتلك أهمية حياتية مستقلة وتعمل كمكونات للجزيئات الحياتية الكبيرة Macro molecules والتي تشمل على البروتينات , السكريات المتعددة كالكلايكوجين, النشا, الدهون, الأحماض النووية والنيوكليوتيدات .

الخلية ونظامها الحياتي

بالرغم من أن الكائن الحي يبدو متجانساً في التركيب نسبياً إلا أنه يمثل مجموعة من الوحدات المجهرية الدقيقة والتي تسمى بالخلايا (cells) وتعمل هذه الوحدات بتناسق تام لاستمرار الحياة للكائن الحي وبهذا فإن الخلية تعد الوحدة الأساسية للحياة والتي يتم فيها المئات من التفاعلات الكيميائية التي تحصل في الخلية الحية .

مكونات الخلية الداخلية

السايتوبلازم أو ما يسمى بالبروتوبلازم وتنتشر فيه مختلف أعضاء الخلية منها:

1. المايكوندريا Mitochondria :- وتسمى محطات توليد الطاقة power houses of energy وتتكون كيميائياً من RNA, DNA, lipoprotein أما نشاطها الأنزيمي فيتمثل بوجود الأنزيمات والأنزيمات المساعدة التي تساعد في أكسدة الأحماض الشحمية fatty acids كما تتم فيها تفاعلات دورة كريبس وعملية الفسفرة التأكسدية وانتقال الإلكترونات إضافة إلى صنع البروتين كما يتم فيها دورة اليوريا urea cycle, دورة CO₂ وكذلك تصنيع DNA و RNA

2. اللايسوسومات Lysosomes :- تعد الأنزيمات من المركبات الرئيسية التي توجد فيها ويمكن إن تعتبر الأجسام الحالة فقاعات مملوءة بالأنزيمات مثل DNA ase and phosphotase والتي تلعب دوراً هاماً في الأيض الحياتي :

3. الرايبوسومات :- تتكون بصورة رئيسية من البروتينات والـ RNA ويمكن اعتبار الرايبوسومات هي المواقع التي يتم فيها تصنيع البروتينات .

4. جدار الخلية Cell wall :- حيث يكون في الخلية الحيوانية رقيقاً أما في الخلية النباتية فيكون صلباً و يتكون من السكريات المتعددة مثل السليلوز أما بشكل عام سواء في الخلية الحيوانية أو النباتية فيتكون هذا الجدار من Lipoprotein وينشط بعملية نقل الأيونات .

5. الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum :- يتميز نشاطها بعملية بلمره الببتيدات في الرايبوسومات كما تساهم في الأيض الحياتي للكبريت وبناء الكولسترول .

تحتوي الجزيئات الحياتية الكبيرة macro bio molecules على مجاميع فعالة Functional groups مثل Halid and, Sulfahydril, Ether, Hydroxyl Aryl, carboxyl, Amine, Alkyl aldehyde, ketone أما أهم الأواصر فهي Ester, N-glycosidic bonds, Diester phosphate bond, Glycosidic bonds, peptide bonds and

أما أهم التفاعلات التي تشارك فيها فهي :-

أ- تفاعلات الأكسدة Oxidation reaction والاختزال Reduction

ب- إزالة المجاميع الكربوكسيلية Decarboxylation

ج - إزالة المجاميع الامينية .R. Deamination

د- نقل المجاميع الامينية .R. Transamination

هـ- التحلل المائي .R. Hydrolysis

ز - الريسمية .R. Racemation

الماء وأهميته:-

يعد الماء من أكثر المكونات الخلوية وفرة ويعمل كمحيط مناسب للمركبات الموجودة في الخلية ويشكل الماء حوالي 70% من الوزن الكلي لجسم الكائنات الحية ويمتلك الماء خواص كيميائية وفيزيائية فريدة من نوعها بحيث تلائم الأنظمة البيولوجية وهذه الخواص تعود إلى قطبية الماء واصرتة الهيدروجينية ويوجد الماء بحالتين :-

1- الماء الحر

2- الماء المرتبط

يستعمل الماء الحر لنقل كافة الأملاح والايونات أما الماء المرتبط فينتقل بأنواع من المركبات الحياتية كالبروتينات و الأحماض النووية ويقوم بوظائف متعددة مثل:

1. التنظيم الحراري للجسم
2. نقل العديد من المكونات الغذائية
3. يتصف بالفعالية التأينية
4. مذيب تعتمد عليه الكثير من فعاليات الجسم الكيميائية والفيزيائية

صفات الماء المهمة :-

للماء عدد من الصفات الفيزيائية تعود لخواصه القطبية تتضمن درجة غليان عالية وحرارة كامنة للتبخر. أن ارتفاع درجة غليان الماء وارتفاع درجة انصهار الثلج وارتفاع الحرارة الكامنة تفسر وجود روابط (أواصر) هيدروجينية بين جزيئاته مقدارها $104,5^0$ بين (H- OH) علما بان ذرتي الهيدروجين تحمل شحنة موجبة ويحمل الأوكسجين شحنة سالبة حيث تتمكن جزيئات الماء بربط أربع جزيئات ماء أخرى في ترتيب رباعي Tera hedra arrangement وهذا يؤدي إلى تكوين البلورة السداسية او ما يسمى Hexagonal للثلج حيث انه يكون رخواً وغير قوي وفيه تجويف كبير نسبياً مما ينتج عن ذلك حجم نوعي كبير حيث يتمدد حجم الماء 9 % عند انجماده وهناك قاعدة شاذة في الماء وهي ان الاجسام تتمدد بالحرارة وتقلص بالبرودة باستثناء الماء ففي درجة الحرارة مقدارها 4^0 م تقل كثافة الماء ويزداد حجمه فيكون 1 سم³ من الماء في درجة الصفر المئوي اقل وزناً من الماء في درجة 3^0 م⁰ بخلاف بقية الاجسام لذلك فالجليد اخف من الماء لذا يطفو على البحار والانهار ولولا هذا الشذوذ (بامر الله تعالى) لغاص كل ما يجمد في سطح الماء ورسب في القعر ولجمد مايزيحه الجليد الراسب إلى الاسفل وعلى هذا الاساس سينجمد البحر من اعلاه إلى أسفله فلا نرى في هذه الحالة حيوانا يتنعم في البحار والبحيرات ولما تتجميعها و لأمتعت التجارة البحرية ولتعرضت الحياة البشرية فهل للطبيعة العمياء ان تفكر في حياة الحيوانات البحرية والتجارة البشرية ياترى؟؟

تفكك الماء Dissociation :-

يعد الماء غير متأين كلياً ولكن يحدث له تفكك جزئي كما موضح:



والماء النقي يكون فيه عدد ايونات الهيدروجين مساوي لعدد ايونات الهيدروكسيل OH ويطلق على ناتج حاصل ضرب تراكيز ايونات الهيدروجين والهيدروكسيل بثابت التفكك للماء (KW)

$$KW = (\text{H}^{++}) \times (\text{OH}^-) = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$$

أن جميع التفاعلات الحياتية تتم في محاليل مائية وتتأثر كلياً بتركيز ايونات الهيدروجين والهيدروكسيل. أن المحلول الذي يحتوي على عدد متساوي من ايونات الهيدروجين وايونات الهيدروكسيل يسمى المحلول المتعادل واذا كان المحلول يحتوي على ايونات هيدروجين (H^+) اكثر من (OH^-) يسمى المحلول حامضي اما اذا كان يحتوي ايونات (H^+) اقل من (OH^-) فيسمى المحلول قاعدي .

الرقم الهيدروجيني والمحاليل المنظمة :- PH and buffers solutions

تتم التفاعلات الحياتية في محاليل مائية ابقيت قريبة من التعادل وذلك بواسطة وجود المحاليل المنظمة buffers التي هي مزيج من الحامض الضعيف وملح ذلك الحامض والقوي مثل HCL يتفكك كلياً بعكس الحامض الضعيف الذي يتفكك جزئياً وهذا التفكك يقل اكثر بوجود ملح الحامض. أن السوائل الخلوية للانسجة تكون منظمة (محافظة) بوجود املاح البيكربونات والفسفات وكذلك بوجود التراكيز العالية من البروتينات . أن افضل تعريف للأحماض والقواعد في الكيمياء الحياتية هي تعريف برونستيد Bronsted الذي عرف الحامض بأنه المادة التي تهب بروتون وعرف القاعدة بأنها المادة التي تستقبل بروتون ويوجد لكل حامض قاعدة مقترنة به Conjugated base كما يوجد لكل قاعدة حامض مقترن به Conjugated acid .

امثلة على الرقم الهيدروجيني:

اذا كان (H^+) = (10^{-8}) مول / لتر فكم الرقم الهيدروجيني للمحلول ؟

$$\text{PH} = \text{Log}10^{-8} = 8 \quad / \quad \text{الجواب}$$

اما اذا كان (H^+) = (10^{-6}) مول / لتر

$$\text{PH} = \text{Log}10^{-6} = 6 \quad / \quad \text{الجواب}$$

(الفصل الثاني)

الكربوهيدرات Carbohydrates

تعريف الكربوهيدرات Definition of carbohydrates

يمكن تعريفها كيميائياً بأنها الديهايدات او كيتونات متعددة مجموعة الهيدروكسيل او مشتقاتها ولو تمعنا قليلا في اسم الكربوهيدرات لوجدنا أنها تعني (هيدرات الكربون) او الكربون الممية لا سيما أنها تتكون من عنصر الكربون (C) والهيدروجين (H) والأوكسجين (O) وتكون نسبة الأوكسجين إلى الهيدروجين 1:2 اي كنسبتها في الماء ولا يعني هذا أن جميع المركبات التي تحتوي على هذه النسبة اضافة إلى الكربون هي كربوهيدرات وتمتلك الكربوهيدرات الصيغة التركيبية العامة $(CH_2O)_n$

وهناك مركبات تمتلك نفس الصيغة التركيبية مثل الفورمالديهايد و CH_2O اللاكتيك $C_3H_6O_3$ lactic acid لكنها لا تعد كربوهيدرات هذا من ناحية ومن ناحية أخرى هناك مركبات مهمة مثل Glucose amine و Deoxy ribose تصنف ضمن الكربوهيدرات الا أنه لا تنطبق عليها الصيغة التركيبية المذكورة سابقا .

أن الكربوهيدرات تشكل الصنف الأهم من المركبات العضوية الطبيعية فهي واسعة الانتشار في أنسجة النباتات والحيوانات ولها وظائف مهمة في الكائن الحي حيث أنها مصدر للطاقة من خلال عملية الأوكسدة والاحتراق كما أنها مصدر لذرات الكربون لتخليق مكونات خلوية اخرى وتعتبر مخزن رئيسي للطاقة الكيميائية مثل الكلايوجين Glycogen وكذلك لها وظائف تركيبية في الخلايا والأنسجة حيث تدخل في تركيب جدار الخلية النباتية على هيئة سليولوز و ترتبط الكربوهيدرات مع الببتيدات مكونة مركبات معقدة تعد المكون الرئيسي لجدار الخلية البكتيرية كما تدخل الكربوهيدرات في عملية توليد مكونات الخلية مثل الدهون lipids والأحماض النووية والبروتينات والأنزيمات .

تصنيف الكربوهيدرات classification of carbohydrate

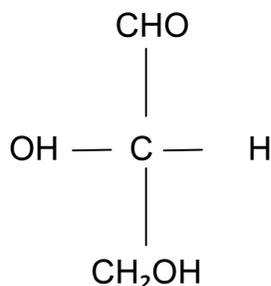
يمكن تقسيم الكربوهيدرات إلى :

1. سكريات أحادية (بسيطة) Mono saccharides or simple saccharides :

يمكن تعريفها بأنها مركبات لا يمكن أن تتحلل إلى جزيئات اصغر بالتحلل المائي وتكون عادة حلوة المذاق ذائبة بالماء وتوجد بشكل متبلور وتسمى السكريات والتي تحمل مجموعة الالديهايد تسمى بالسكريات الالديهايدية Aldoses أما السكريات التي تحمل المجموعة الكيتونية Ketones فتسمى السكريات الكيتونية. يمكن تقسيم السكريات الأحادية حسب عدد ذرات الكربون إلى سكريات ثلاثية الكربون Trioses, رباعية الكربون Tetroses, خماسية الكربون pentoses و سداسية الكربون Hexoses إضافة إلى سباعية الكربون

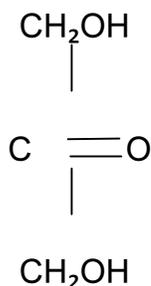
Heptoses و إذا كانت مجموعة السكر الأحادي الالديهيد سميت بـ Aldose فإذا كانت ثلاثة ذرات الكربون سميت Aldotriose اما اذا كانت أربعة ذرات سميت Aldotetrose وهكذا بالنسبة للاخرى. اما اذا كان السكر الاحادي الكيتوني يحوي ثلاثة ذرات كربون فيسمى ketotriose واذا كانت أربعة ذرات كربون فيسمى Ketotetrose وهكذا بالنسبة الاخرى .

أن ابسط سكر الديهيد هو Glyceraldehyde كما هو مبين في الشكل أدناه:



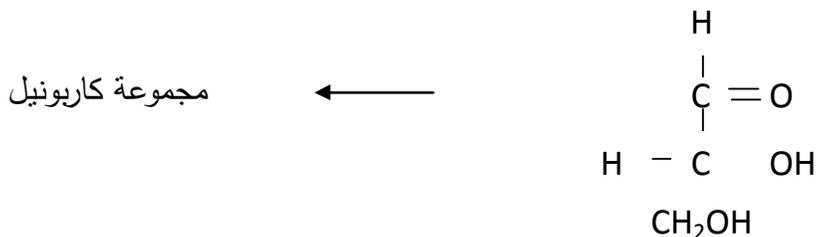
D-Glyceraldehyde

ابسط سكر كيتوني فهو Dihydroxy acetone كما مبين في الشكل ادناه:



Dihydroxy acetone

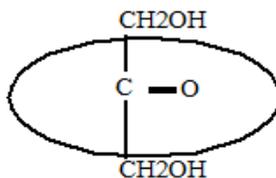
يختلف السكر الالديهيد عن السكر الكيتوني بموقع مجموعة الكربونيل (C=O Carbonyl group) فإذا كانت هذه المجموعة طرفية كان السكر الديهيد كما موضح في الشكل ادناه:



D-glyceraldehyde

اما اذا كانت المجموعة وسطية او في موقع اخر غير طرفي ففي هذه الحالة سيكون السكر كيتوني كما موضح في الشكل ادناه:-

مجموعة كاربونيل



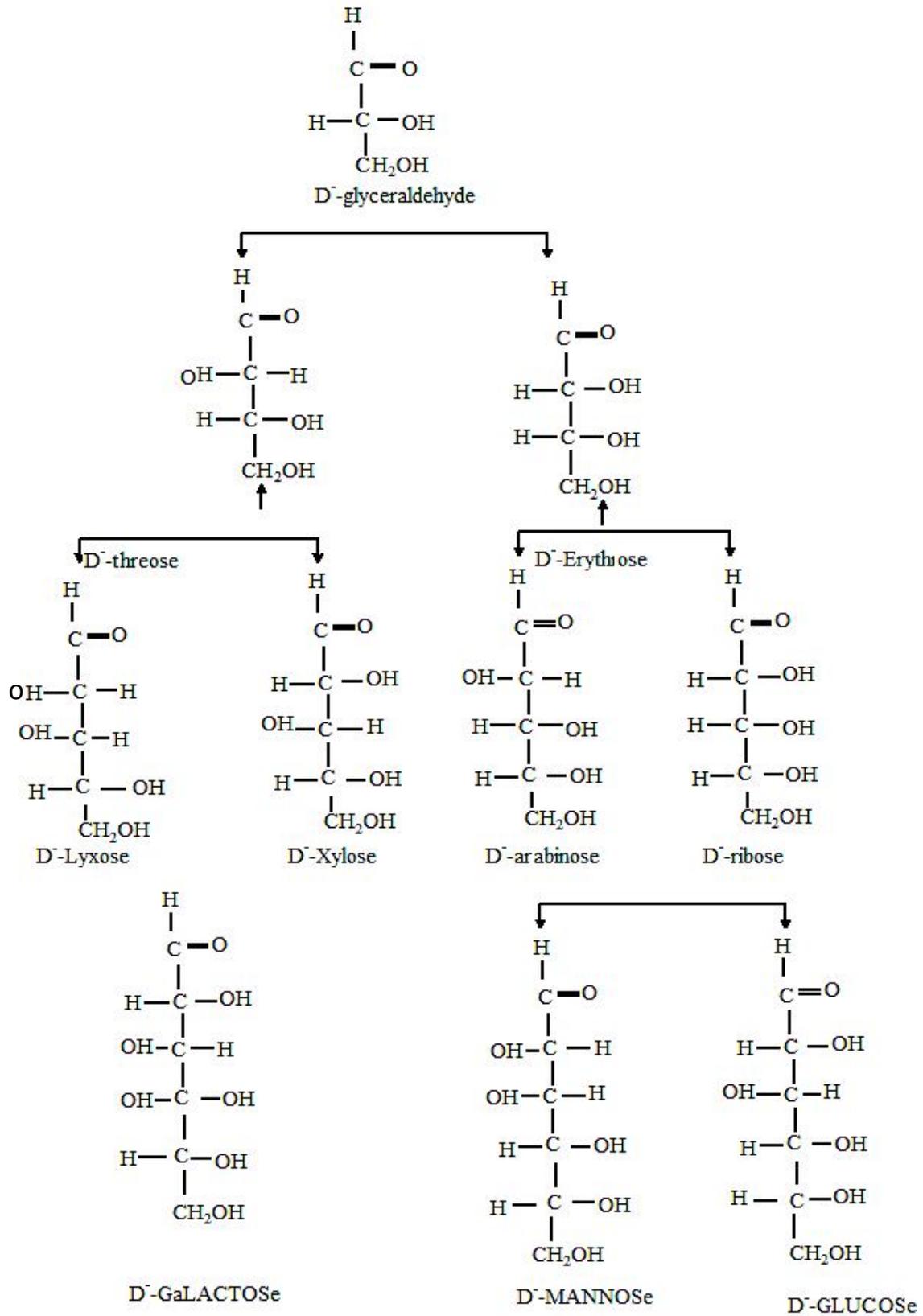
Dihydroxy acetone

أن أكثر السكريات الأحادية الالديهيدية أنتشارا هو كلوكوز D-Glucose اما أكثر السكريات الكيتونية أنتشارا فهو الـ D-fructose.

التناظر الفراغي للسكريات الأحادية Stereoisomerism of mono saccharides

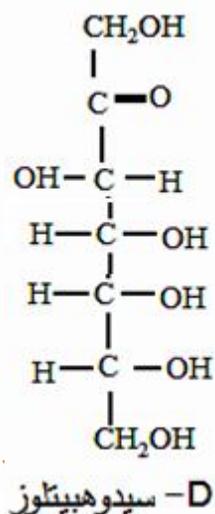
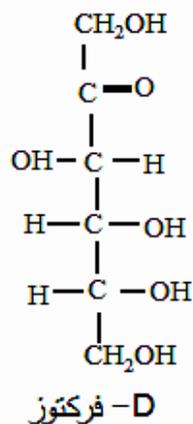
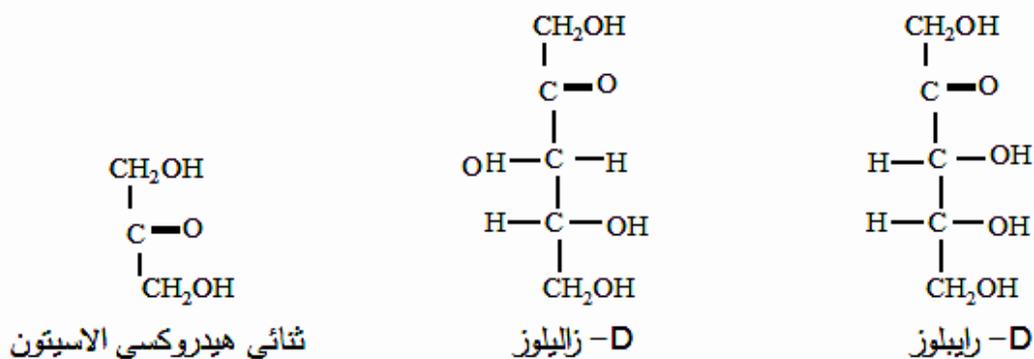
المتناظرات الفراغية هي عبارة عن المركبات التي تمتلك نفس الصيغة التركيبية ولكنها تختلف في الترتيب الفراغي حول ذرات الكربون فأن وجود ذرة كاربون غير متماثلة asymmetric carbon atom (وهي الذرة التي ترتبط بأربعة مجاميع مختلفة) تسمح بتكوين المتناظرات الفراغية ولقد وجد بأن جميع السكريات الأحادية باستثناء Dihydroxy acetone تحتوي على ذرة كاربون واحدة غير متماثلة على الأقل مثل D-glyceraldehyde ابسط سكر الديهيدري كما ذكرنا سابقا أما الرباعية الالديهيدية فتحتوي على اثنين والخماسية على ثلاثة الخ.....

ويمكن تطبيق القانون التالي لمعرفة عدد المتناظرات الفراغية لأي سكر أحادي وهو 2^n حيث أن (2) هي ثابت و (n) يشير إلى عدد ذرات الكربون غير المتماثلة ، فمثلا بما أن عدد ذرات الكربون غير المتماثلة في glycerinaldehydes هي واحدة فعند تطبيق هذا القانون سيكون 2^1 ويعني (2) أي أن عدد المتماثلات هي النوع D والنوع L أما إذا كانت عدد ذرات الكربون غير متماثلة في المركب (4) مثل Glucose فيكون 2^4 فيكون عدد المتناظرات الفراغية (16).



شكل (1): تراكيب بعض سكريات الالدوز والعلاقة فيما بينهما .

جدول (2): تراكيب بعض سكريات الكيتوز ketoses .



يعد الثنائي هيدروكسي أسيتون هو المرجع أو المركب الأصلي لغرض تعيين الشكل الابعادي المطلق للسكريات الكيتونية وكذلك بالنسبة للـ D و L كليسرالديهيدريد يعد المركب الاصلي لغرض تعيين الاشكال الابعادية المطلقة للسكريات الالديهادية .

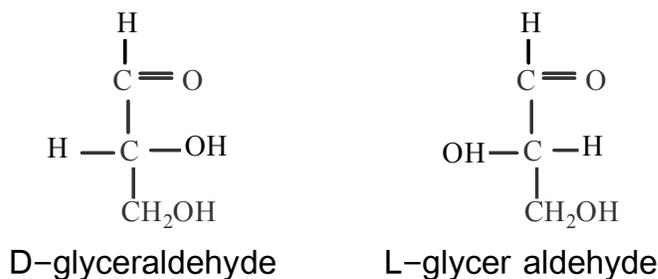
التدوير الضوئي optical rotation

يكون المركب المحتوي على ذرة كاربون واحدة غير متماثلة فعال ضوئيا أي أن optically active أي أنه يدور الضوء المستقطب أما إلى اليمين أو اليسار ويصطلح على المركب الذي يدور الضوء إلى اليمين بـ Dextrorotary أما الذي يدور الضوء إلى اليسار فيسمى بـ Levorotary ويرمز للمركب الذي يدور الضوء المستقطب إلى اليمين بالحرف d ويعطى العلامة الموجبة (+) أما المركب الذي يدور الضوء المستقطب إلى اليسار فيرمز له بالحرف L وبالعلامة السالبة (-) وأن هذين النوعين (L,d) يكونان صورة مرآة لبعضهما الآخر (mirror image).

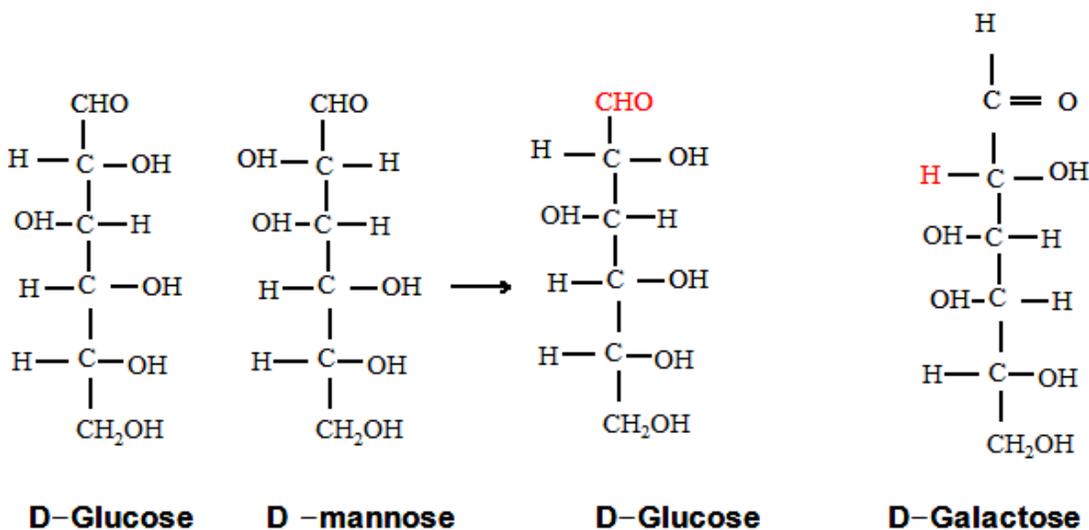
الشكل الوضعي للسكريات الأحادية configuration of monosaccharide's

قام fischer عام 1981 بدراسة الشكل الفضائي للسكريات الأحادية والتي تتشابه ضوئياً وتختلف عن بعضها في التوزيع الفضائي للذرات والمجموعات نتيجة لعدم التناسق في بنائها الكيميائي مكونة متشابهات (isomers) وجميع السكريات الأحادية تحتوي على متشابهات ضوئية (isomers) باستثناء ثنائي هيدروكسي الأستون وهذه المتشابهات توجد بصورتين هما (D و L) فإذا وجدت مجموعة الهيدروكسيل إلى اليمين عند ذرة الكربون ما قبل الأخير يكون المركب من نوع D أما إذا كانت مجموعة الهيدروكسيل إلى اليسار عند نفس الذرة (أي ما قبل الأخيرة) كان المركب من نوع L كما في المثالين أدناه :-

أن معظم السكريات الأحادية التي تشترك في العمليات الأيضية Metabolism للكائنات الحية هي من النوع D وأن أكثرها انتشاراً هي D-Glucose, D-Fructose, D-Ribulose, D-galactose, D-mannose و D-Ribose



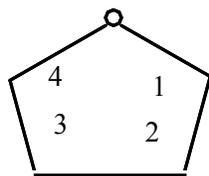
إذا اختلف سكران في الشكل الإبعادي حول ذرة كربون متخصصة واحدة فقط فهو Epimer الواحد للأخر وهكذا D-Glucose هو Epimer لـ D-Galactose بالنسبة لذرة الكربون رقم (4) وكذلك فإن D-Glucose هو Epimer لـ D-mannose فيما يتعلق بذرة الكربون رقم (2) كما هو موضح في الشكل أدناه:-



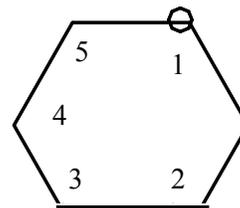
شكل () التركيب الكيميائي لاثنتين من Epimer لـ D-Glucose

التراكيب الحلقية Ring Cycle forms :-

تكون السكريات الأحادية (سداسية الكربون على الأغلب) شكلا أو تركيبا حلقيا عندما يكون المركب سائل وذلك بسبب تكوين مشتق الهيمي استايل Hemiacetal بالنسبة للسكريات الالديهيدية أو مشتق الهيمي كيتال بالنسبة للسكريات الكيتونية Hemiketal ويكون هذا المشتق مشابها لحلقة المركب العضوي الخماسي pyran في حالة السكريات الالديهيدية ويطلق على السكريات التي تحتوي على هذه الحلقة pyranose أما بالنسبة للسكريات الكيتونية (الفركتوز) فتكون مشتقا مشابها لحلقة furan ويطلق على السكر الذي يحتوي هذه الحلقة بـ furanose يدعى التركيب الحلقي للسكريات الأحادية بصيغ Hawarth .



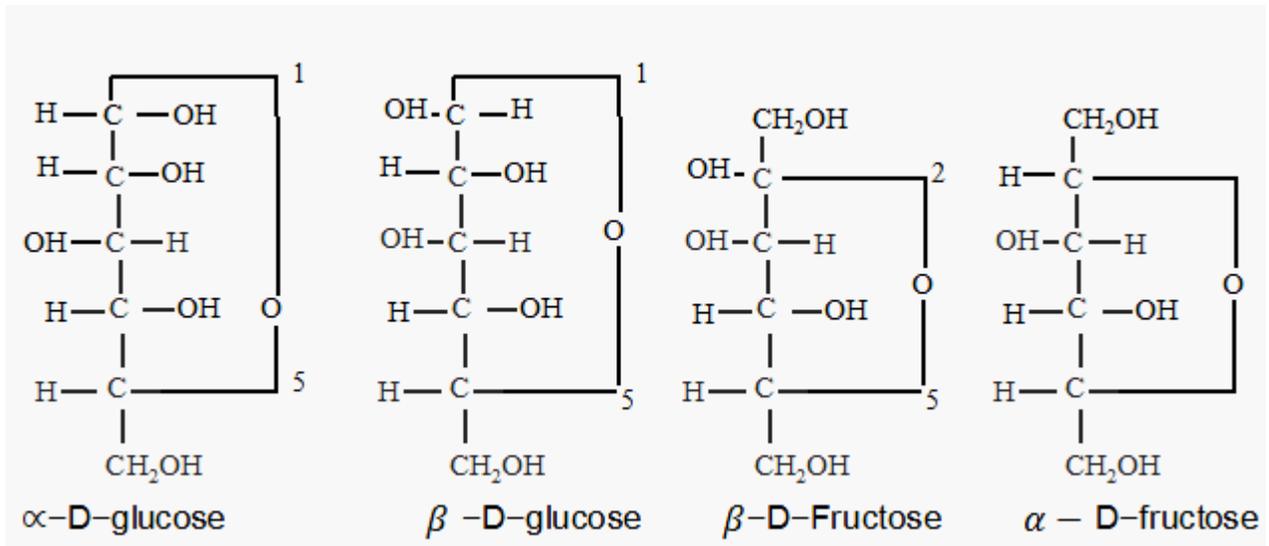
حلقة pyranose



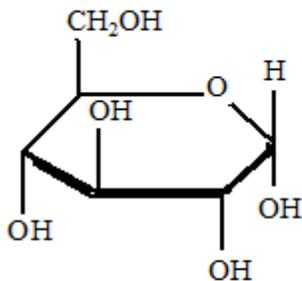
حلقة Furanose

يمكن للكلوكوز في هذا التركيب ان يوجد بشكلين آخرين وهما (α و β) يتحول احدهما إلى الآخر لحين الوصول إلى حالة التبادل ويطلق على هذه الظاهرة بتغير أو تحول الدوران mutarotation فقد وجد أن محلول α - D-glucose المحضر حديثا يظهر دورة نوعية تقدر بـ +112.2 ويظهر محلول النوع الآخر من الكلوكوز المسمى β -D-glucose دورة نوعية تقدر بـ +18.7 وان الدورة النوعية لكل منهما سوف تصل إلى +32.7 حيث تستقر عند هذه القيمة بدون تغير .

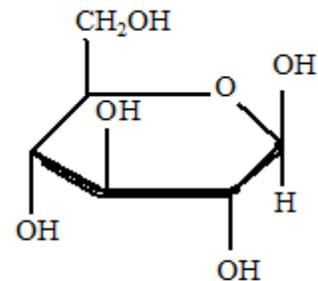
تتكون أصرة ما بين ذرة الكربون رقم (1) والتي تسمى ذرة الكربون الأنوميرية Anomeric carbon atom حيث أنها تتكون بين مجموعة الالديهيد وذرة الكربون رقم (5) وتسمى هذه الأصرة بالأصرة أو الجسر الاوكسيجيني (oxygen bridge) وفي هذه الحالة تضاف ذرة كربون غير متماثلة أخرى (asymmetric carbon atom) فتصبح عدد ذرات الكربون غير المتناسقة (غير المتماثلة) خمسة فيصبح عدد المناظرات $2^5 = 32$ (isomers) أما في السكر الكيتوني (الفركتوز) فيكون عدد ذرات الكربون غير المتماثلة (4) أربعة بدلا من ثلاثة وسيكون عدد المناظرات $2^4 = 16$ بدلا من ثمانية ويمكن توضيح ذلك كما في الشكل أدناه :-



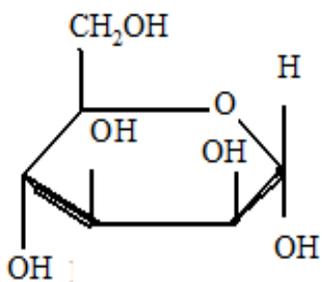
يمكن ملاحظة أنه يحصل ارتباط ما بين ذرة الكربون رقم (2) في السكر الكيتوني والتي هنا تمثل مجموعة الكيتون وذرة الكربون رقم (5) بأصرة اوكسجينية أيضا كما في حالة السكر الالديهائيدي الذي ورد سابقا. يمكن تمثيل التركيب الحلقي للسكريات السداسية الشائعة في الطبيعة كما هو مبين أدناه :-



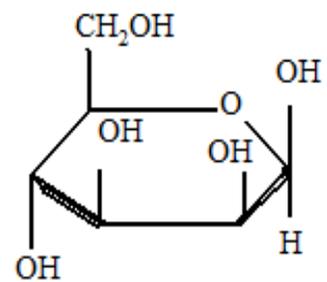
α - D- Glucopyranose



β -D- Glucopyranose

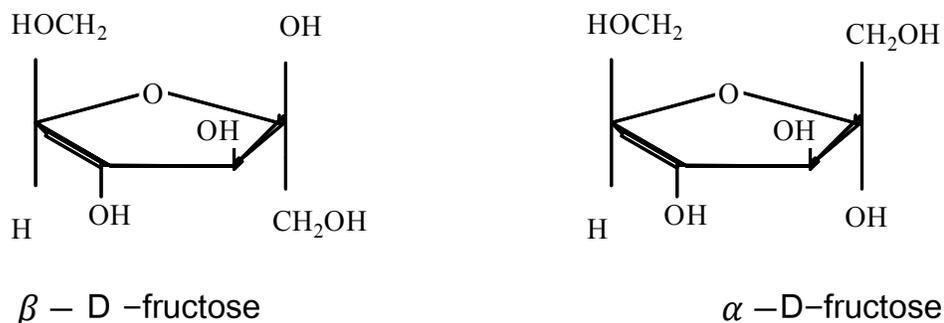


α manno pyranose



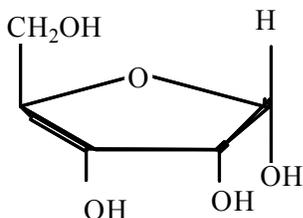
β -D- manno pyranose

أما السكر السداسي الكيتوني (فركتوز) فيمكن توضيحية حسب الشكل التالي:



السكريات خماسية الكربون (Pentoses)

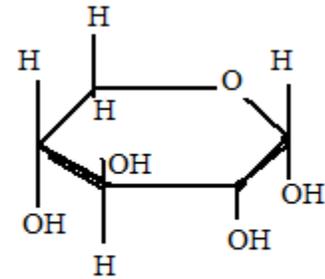
من السكريات الخماسية المهمة ذات الانتشار الواسع في الطبيعة هي :
 L-arabinose و D-ribose, D-xylose وهي جميعا من السكريات الالديهيدية Aldoses أما السكريات الكيتونية الخماسية فهي مثل L-xylulose و D-Ribulose وينتج من تحطم الكلوكوز في مسار الفسفور كلوكانيت أما D-arabinose فإنه يوجد في الصمغ العربي والخوخ والكرز أما Lyxose فيوجد في العضلات القلبية يدخل D-ribose في تركيب الحامض النووي RNA وبعض المرافقات الأنزيمية مثل FAD,NAD,ATP أما Deoxy ribose فيدخل في تركيب DNA.



السكريات سداسية الكربون Hexose

وهي مثل D-Glucose والنتاج من تحلل النشا والسكروز والمالتوز واللاكتوز وهو من المصادر المهمة للطاقة للدماغ وكريات الدم الحمراء أما الفركتوز فهو ينتج من تحلل السكروز والأنبولين ويتحول في الكبد والأمعاء ألي سكر الكلوكوز ويوجد في الحالة الحرة في السائل المنوي وهو مصدر الطاقة في الحيامن أما الكالكتوز فيوجد في الغدد اللبنية وهو احد مكونات السكريات الدهنية glycolipids والسكريات البروتينية أما

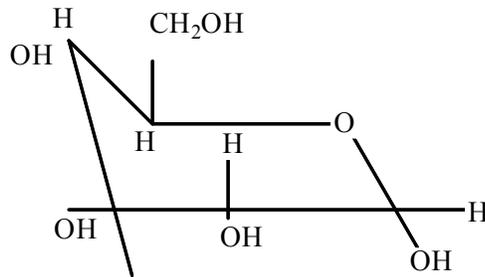
المانوز فهو ينتج من تحلل نبات المانوزان والسموغ وهو يدخل في تركيب السكريات المتعددة المرتبطة بالالبومين والكلوبيولين وكذلك السكريات البروتينية ويوجد في زلال البيض .



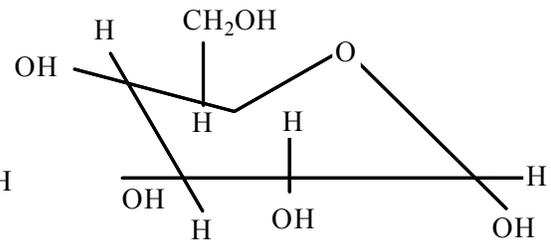
$\alpha - L - \text{Xylopyranose}$

صيغ الكرسي والزورق للسكريات الأحادية

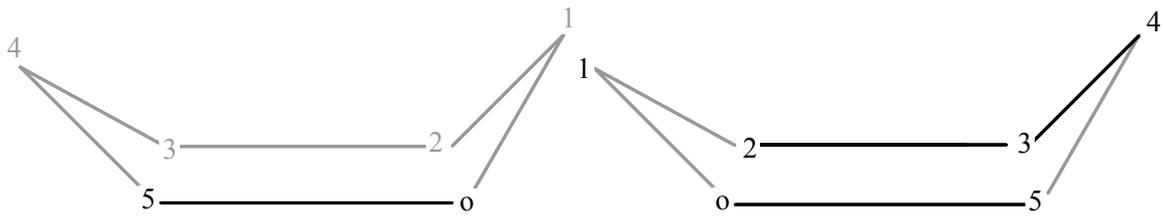
يمكن أن يكتب التركيب الكيمياوي للسكريات بهيئة زورق (سلم) boat وكما هو موضح ادناه :-



$\alpha - D - \text{Glucopyranose}$

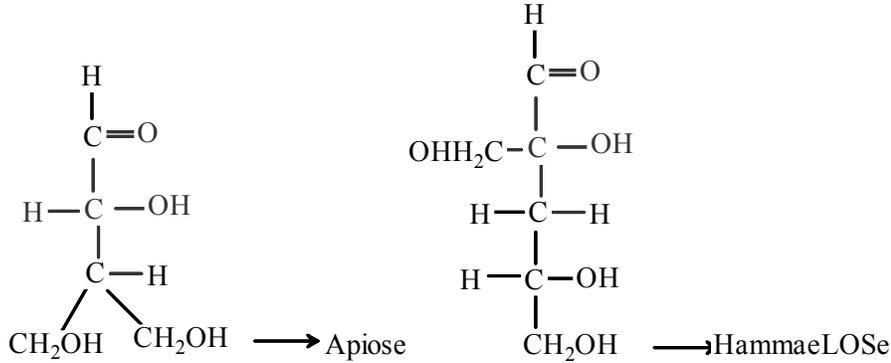


$\beta - D - \text{Glucopyranose}$

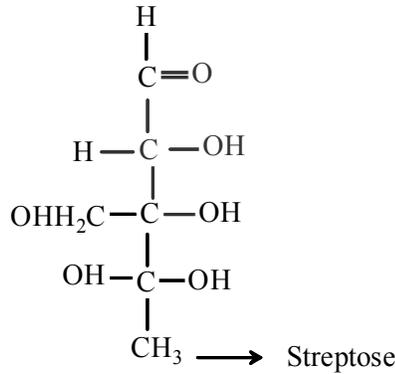


السكريات الأحادية متشعبة السلسلة :

أن أهم هذه السكريات هو (Apiose) والذي يوجد في أوراق البقدونس كما هو موضح في تركيبه :-



السكر الأحادي streptose الذي يدخل في تركيب المضادات الحيوية Antibiotics وكما موضح تركيبه أدناه :



السكريات قليلة الوحدات Oligosaccharides

ينتج عند تحلله 2-10 وحدات (جزئيات) من السكريات الأحادية تدخل السكريات الثنائية ضمن هذه المجموعة :

1-السكريات الثنائية Disaccharides :من أكثر هذه السكريات انتشارا هو المالتوز Maltose و اللاكتوز

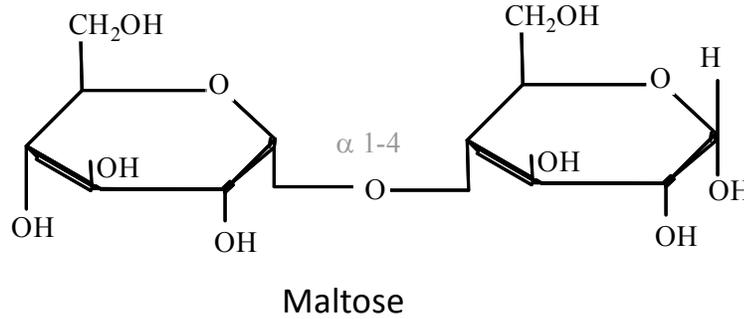
Lactose والسكروز Sucrose

المالتوز Maltose أو ما يسمى بسكر الشعير Barely suger

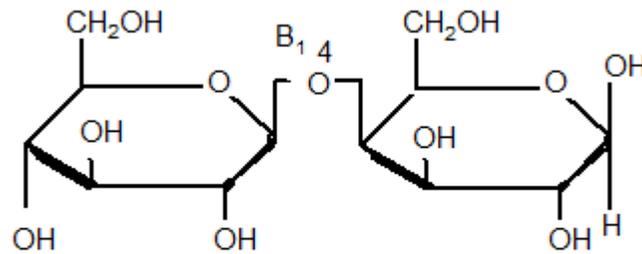
تكون درجة حلاوته 35% وينتج كمركب وسطي عند تحلل النشا Starch بفعل أنزيم Amylase. يتكون

المالتوز من جزئتي كلوكوز مرتبطين مع بعضهما بواسطة أواصر كلايكوسيدية Glycosidic Bonds من

النوع 4 - 1 α ويعتبر من السكريات الثنائية المختزلة Reducing Sugars حيث أن ذرة الكربون الأنوميرية لأحدى وحدات الكلوكوز تكون حرة free أما الأخرى فتكون مقيدة blocked بواسطة الأصرة الكلايكوسيدية كما أنه أي المالتوز يكون من السكريات الثنائية متشابهة الوحدات أي Homodisacharides. يمكن أن يكون المالتوز بهيئة α او هيئة β لكون أن ذرة الكربون الأنوميرية فيه تكون حرة وكما هو موضح في الشكل :



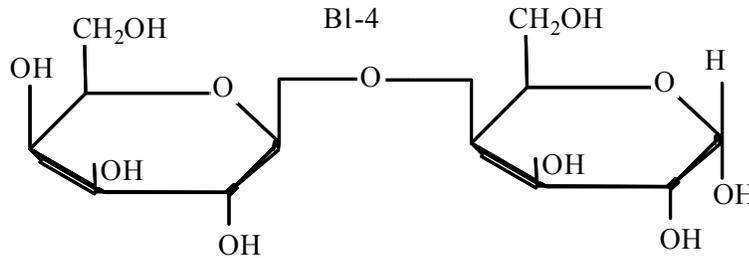
وينتج المالتوز من هضم النشا بواسطة أنزيم Amylase أو التحلل الحامضي للنشا أما السكر الأخر الثنائي الذي يشابه تركيب المالتوز هو السليوبايوز ويشابهه من حيث الوحدات (الجزيئات) الداخلة في تركيبه وهي D-Glucose ألا أنه يختلف عنه بنوع الأصرة حيث أنها تكون من النوع 4 - 1 - β وكما موضح في الشكل :



ينتج هذا النوع من السكر إثناء تحلل السكر المتعدد السليلوز Cellulose وهو أيضا من السكريات المختزلة لكون أن إحدى ذرات الكربون الأنوميرية تكون حرة غير مقيدة .

اللاكتوز Lactose أو ما يسمى بسكر الحليب Milk Sugar

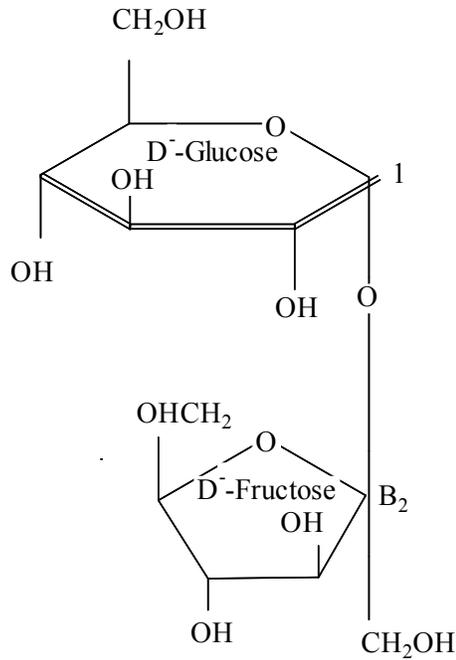
وهو من نوع السكريات مختلفة الوحدات Hetro disaccharides ويكون ذو درجة حلوة %25 حيث أنه يتكون من وحدة كالكتوز D-Galactose مرتبط بوحدة D-glucose بأصرة من نوع β ويسمى بسكر الحليب ويوجد في لبن الثدييات يمتاز اللاكتوز بقابليته الاختزالية الضعيفة لوجود ذرة كاربون أنوميرية حرة واحدة فقط أما الأخرى فتكون مرتبطة بأصرة من نوع β بين ذرة الكاربون رقم (1) لـ D-Galactose مع ذرة الكاربون رقم (4) لـ D-Glucose كما يمتاز اللاكتوز بقابليته على تدوير الضوء المستقطب ويمكن توضيح التركيب الكيميائي لجزيئة اللاكتوز كما هو مبين :



السكروز Sucrose أو ما يسمى بسكر القصب Sugar cane

وهو سكر ثنائي مختلف الوحدات Hetrodisaccharide وتكون درجة حلوته 100% يتكون من جزيئة (وحدة) كلوكوز D- مرتبطة مع جزيئة فركتوز بأصرة من نوع $\alpha1 \beta2$ بين ذرتي الكاربون الأنوميريتين لذا فإن هذا النوع من السكر يكون غير مختزل لكون ذرتي الكاربون الأنوميريتين تكون مقيدتين بالأصرة الكلايكوسيدية . يوجد السكروز في عصير النباتات وخاصة قصب السكر والبنجر السكري والأناناس وجذور الجزر . أن السكروز هو أيضا سكر المائدة الذي نستخدمه يوميا وعندما نتناوله فإن أنزيم Suucrase الذي يوجد في الأمعاء يقوم بفصل الأواصر الكلايكوسيدية محررا الكلوكوز والفركتوز حيث يتم امتصاصها عبر الأمعاء ومن ثم يستخدمان في توليد الطاقة .

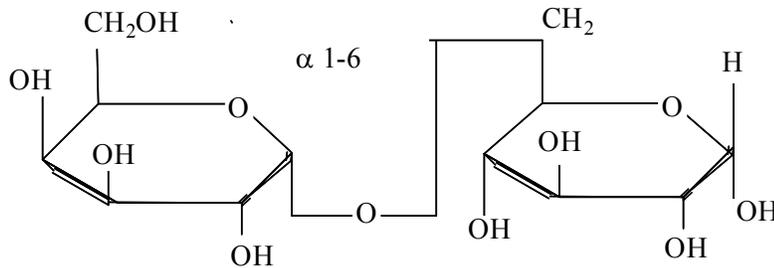
يمكن رسم التركيب الكيميائي للسكروز كما هو موضح في الشكل التالي :-



Sucrose

المالبيوز Melibiose

وهو عبارة عن سكر ثنائي يتكون من D-Glucose مرتبطاً بأصرة كلايكوسيدية من نوع $\alpha 1 - 6$ مع D-Glucose كما موضح في الشكل أدناه



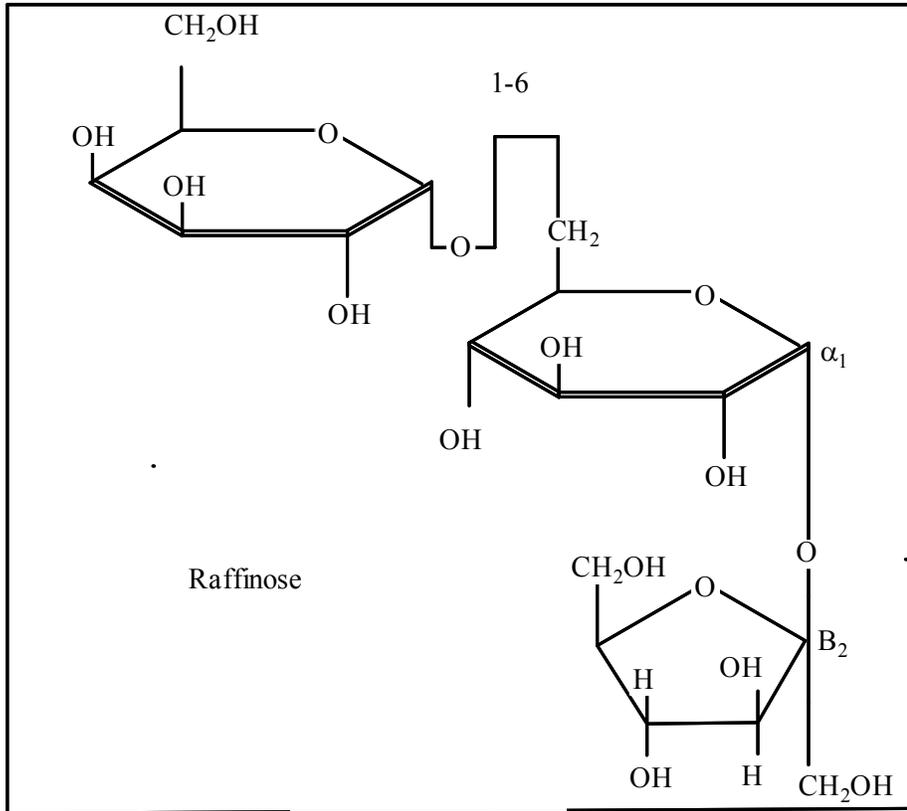
Melibiose

السكريات الثلاثية Trisaccharides

من أهم السكريات الثلاثية هي Raffinose, Gentianose , Melizitose يتكون الرافيتوز من fructose Galactose+ Glucose+ وهو من السكريات واسعة الانتشار ويوجد في نبات البنجر السكري أما

Gentianose فيتكون من *D-Glucose + D-Fructose* أما سكر الـ *Meliziose* فيتكون من السكريات التالية *D-Glucose + D-Fructose + D-Glucose* فيما يلي التركيب الكيميائي لأحد هذه السكريات وهو

الـ *Raffinose*



السكريات المتعددة poly saccharides

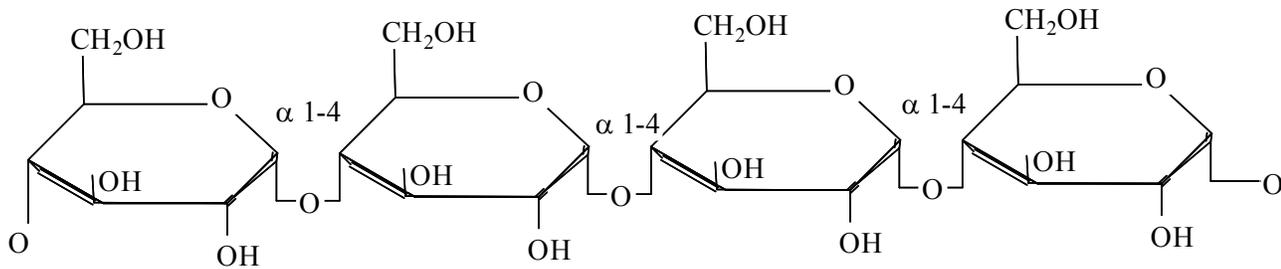
وهي ذلك النوع من السكريات التي تتكون من عدد كبير من وحدات (جزئيات) السكريات الأحادية والتي يصل عددها ألي عدة مئات أو عدة آلاف والمرتبطة مع بعضها الأخر بواسطة أواصر كليكوسيدية Glycosidic bonds من نوع α أو β ووحدات السكريات الأحادية أما تكون متشابهة مثل النشا Starch و الكلايوجين و السليلوز أو قد تكون هذه الوحدات مختلفة مثل الهيبارين وحامض الهاليوبورنيك

النشا starch

يعد من السكريات المتعددة الخازنة للطاقة في النبات كما أنه مصدر غذائي مهم للإنسان والحيوان ويعمل النشا على تزويد الجسم بالطاقة لفترات طويلة بسبب بطئ عملية هضمة تتكون النشويات الطبيعية من نوعين من

المركبات يمكن فصل احدهما عن الآخر النوع الأول هو amylose (الاميلوز) وهو يتكون من سلسلة طويلة مستقيمة linear غير متشعبة من وحدات الـ D-Glucose مرتبطة مع بعضها بواسطة أواصر كلايكوسيدية من نوع 4 - 1 α وبصورة عامة فأنة لا يذوب في الماء .

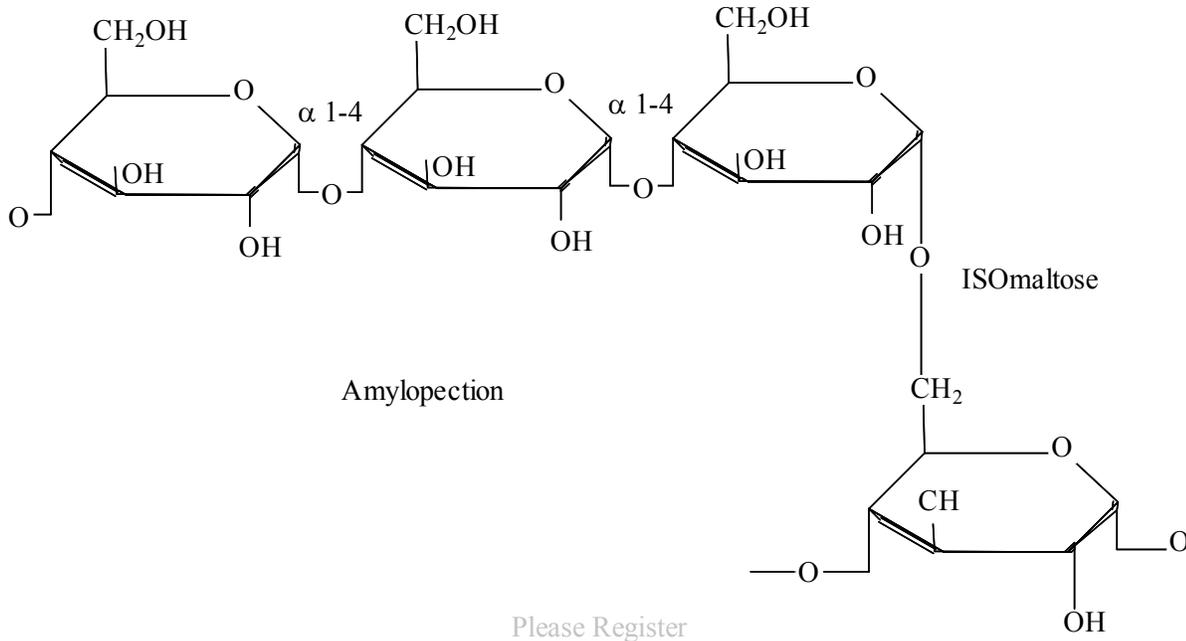
ويتراوح الوزن الجزيئي للاميلوز بين بضعة آلاف ألي 50.000 وتكون نسبة الاميلوز اقل من نسبة الاميلوبكتين في النشا الكلي حيث تتراوح بين 17-30% من النشا الكلي في الذرة والرز و البطاطا وفي نباتات أخرى تتراوح نسبته بين 10-20% يعطي الاميلوز لونا ازرقا مع اليود ويمكن رسم التركيب الكيماوي للاميلوز كما هو مبين أدناه:



التركيب الكيماوي للاميلوز

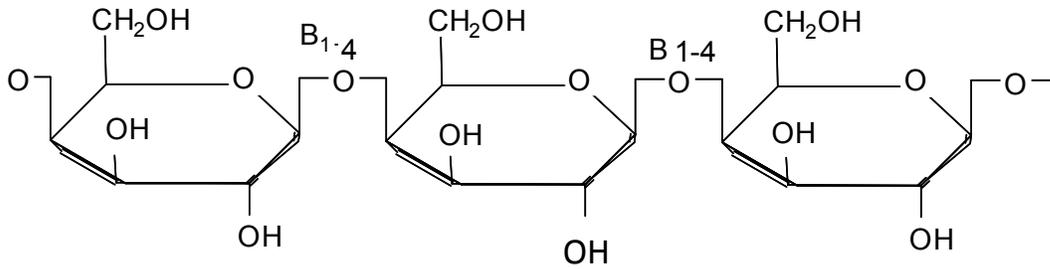
أما الجزء الثاني فهو لاميلوبكتين والذي يشكل نسبة 70-80 % من النشا الكلي بصورة عامة في النباتات وهو الذي يتكون من سلاسل مستقيمة من D-Glucose ترتبط مع بعضها بواسطة أواصر كلايكوسيدية من نوع 4 - 1 α وتستمر هذه السلسلة المستقيمة لحد 24-30 وحدة من D-Glucose لتتفرع بأواصر من نوع 6 - 1 α يكون الاميلوبكتين ألي حد ما أكثر ذوبانا في الماء من من الاميلوز ويعطي الاميلوبكتين لونا ارجواني احمر مع اليود يتحلل الاميلوبكتين عشوائيا عند معاملته بأنزيم α - amylase حيث أنه أي الأنزيم يحلل الأواصر 4 - 1 α وليس 6 - 1 α وينتج عن ذلك خليط متفرع وغير متفرع من السكريات قليلة الوحدات ويكون هذا الخليط غنيا بالأواصر 6 - 1 α اما الأنزيم β -amylase فيحلل الاميلوبكتين من النهايات غير المختزلة لينتج عن ذلك وحدات متعاقبة من المالتوز وتستمر هذه العملية لحين الوصول إلى نقاط التفرع لذا فإن الجزء المتبقي الناتج بعد التحلل غير الكامل للاميلوبكتين يسمى بالدكسترين Dextrins، أما بالنسبة للاميلوز فيتحلل بأنزيم α - amylase أو أنزيم β -amylase حيث يقوم الأنزيم الأول بتحليل الاميلوز بصورة عشوائية لينتج خليطا من الكلوكوز والمالتوز بينما يقوم β -amylase بتحليل الاميلوز لينتج عن ذلك المالتوز بصورة كاملة .

يمكن أيضا فصل الايسومالتوز (سكر ثنائي من نواتج التحلل غير الكامل للاميلوبكتين والايسومالتوز) من نوع 6 - α 1، أدناه التركيب الكيميائي للاميلوبكتين والايسومالتوز :-



السليولوز Cellulose

أن السليلوز من أكثر مصادر الطاقة شيوعا في الطبيعة ويعد المادة الأساسية المكونة للنبات حيث أنه يشكل حوالي 50% من تركيب جدار الخلية النباتية، كما أن الأخشاب التي نبنى بها والأوراق التي نكتب عليها هي من السليلوز والهيميسليلوز وهو من السكريات المتعددة ذات الوظائف التركيبية كما يعتبر القطن من أنقى مصادر السليلوز لاسيما وأنه يحتوي على ما يقل عن 90% سليولوز يتألف السليلوز من وحدات (جزيئات) ذات سلسلة مستقيمة من D-Glucose ويختلف عن الاميلوز بكونه يرتبط بأصرة من نوع (4- β 1) ويتراوح عدد الوحدات الداخلة في تركيب السليلوز من 300 - 15.000 وحدة (جزيئة) أن التحلل الكامل للسليولوز يعطي وحدات كلوكوز أما التحلل الجزئي partial hydrolysis فيعطي جزيئات سيلوبايوز Cellobiose هناك نوع من البكتريا تمتلك أنزيم Cellulase تعمل على شطر الأواصر الكلايكوسيدية (4- β 1) وتعتمد الحيوانات المجترة في هضمها للسليولوز على هذه البكتريا التي توجد في جهازها الهضمي والإنسان يفتقر إلى هذا الأنزيم كما هو الحال في بقية الكائنات الحية عدا المجترات كما تحتوي الحشرات المختلفة والقواقع والبكتريا والفطريات والطحالب على أنزيم Cellulase ويكمن توضيح التركيب الكيميائي لجزيئة السليلوز كما هو مبين أدناه في الشكل :-



التركيب الكيماوي للسليولوز

تعمل الألياف غير المذابة (السليولوز) على تقليل الخطر من الإصابة بسرطان القولون وخفض نسبة الكوليسترول في الدم .

الكلايوجين Glycogen

يعد الكلايوجين من السكريات المتعددة المتجانسة التي تقوم بوظيفة خزن الكلوغوز وبالتالي فهو مخزن للطاقة في جسم الحيوان حيث أن الكبد liver والأنسجة العضلية muscular tissues هي المواقع الرئيسية لتصنيع وتخزين الكلايوجين في جسم الحيوان والكلايوجين يشابه الاميلوبكتين في التركيب الكيماوي إلا انه يكون أكثر تفرعا حيث انه يتفرع عند كل 8-10 وحدات كلوغوز بأصرة من نوع α 1-6 كما هي في الاميلوبكتين ويمكن أن يتحلل الكلايوجين بفعل أنزيمي α, β amylase لينتج الكلوغوز والمالتوز على التوالي اضافة ألي تكون الديكسترين يعطي الكلايوجين لونا احمر بنفسجيا مع اليود وتتراوح عدد وحدات الكلوغوز الداخلة في تركيب الكلايوجين من 1800-60.000 وحدة يمكن الرجوع ألي الترايب الكيماوي للاميلوبكتين المشابه للتركيب الكيماوي الكلايوجين عدا أن عدد التفرعات تكون أكثر في الأخير .

سكريات متعددة أخرى Other polysaccharides

أن الدكستران Dextran هو من السكريات المتعددة المكونة من D-Glucose فقط المرتبط مع بعضه بواسطة أواصر كلايكوسيدية من نوع α 1 - 6 ويوجد هذا النوع من السكريات في البكتريا والخمائر . من السكريات المتعددة الأخرى هو fructans , levans وكذلك Inulin أما المانان Mannans فهذا يتكون من وحدات D-mannose ويكون موجودا في البكتريا والخمائر كذلك فهناك arabinans وهو من السكريات المتعددة التي تتكون من وحدات السكر الخماسي arabinose أما الهيميسليولوز فهو من السكريات المتعددة

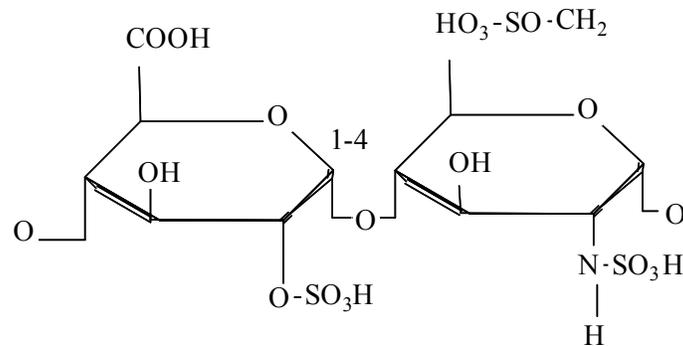
المتجانسة التي تتكون من وحدات D-Xylose المرتبطة مع بعضها بواسطة الأصرة الكلايكوسيدية من نوع $\beta 1 - 4$ اما السكر المتعدد الكايتين chitin هو عبارة عن المادة الصلبة التي تغطي أجسام الحشرات وأنسجة الفطريات وتتكون من وحدات متعاقبة من N-acetyl-D-glucose. أما حامض البكتيك pectic acid فيتكون من methylester, D- galactouronic acid من السكريات المتعددة الأخرى هو (lignin) ويأتي بالمرتبة الثالثة من حيث انتشاره يعد السليلوز والهيميسليلوز يقاوم للكين التحلل بفعل الحوامض إلا انه يذوب في القلوبات ويكون تركيبة حلقي. الاكار يعد أيضا من السكريات المتعددة والتي تعد وسط غذائي للفطريات .

السكريات المتعددة غير المتجانسة Hydropoly saccharides

تختلف السكريات المتعددة غير المتجانسة عن المتجانسة بكونها بوليمرات تتألف من أكثر من نوع واحد من الوحدات الكربوهيدراتية ومن أهم أنواعها السكريات المتعددة المخاطية mucopoly saccharides مثل الهيبارين وحامض الهالويبورنيك. ومن الأنواع الأخرى هو سكر الكوندروتين وكذلك الاصماغ Gums .

الهيبارين

هو عبارة عن سكر متعدد مخاطي حامضي يحتوي على مجموعة كبريتات ويوجد عادة في معظم الخلايا ويعتبر مادة مضادة لتخثر الدم anticoagulant factor وتتكون من وحدات متكررة هي عبارة عن حامض كلوكويورنيك -2-سلفات مع 2-N- و 6-sulphate Glucoseamine. يمثل الشكل التالي التركيب الكيميائي للهيبارين

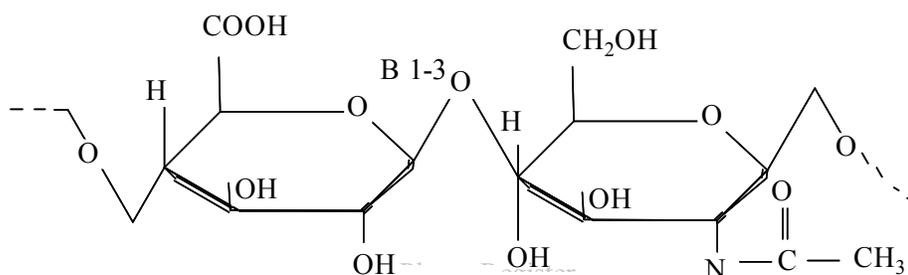


GLucouronic -2 - sulphate

GLucose amino - 6 - sulphate 2 -N - Suphate

الهيبارين

أما حامض الهالويورنيك فهو عبارة عن وحدات مكررة من D-Glucouronic acid مع السكر الاميني N-acetyl-D-Glucose يرتبطان مع بعضهما بواسطة أصرة من نوع B1-3 والذي يرتبط مع الوحدة المعادة بواسطة أصرة من نوع B1-4 يكون حامض الهالويورنيك ذو لزوجة عالية بسبب وزنه الجزيئي العالي والذي يصل ألي عدة ملايين ويعمل كمادة لاصقة ما بين الخلايا في الأنسجة الرابطة Connective tissues ويمكن إيضاح التركيب الكيميائي لحامض الهالويورنيك كما هو مبين في الصفحة الآتية.



((التركيب الكيميائي لحامض الهالويورنيك))

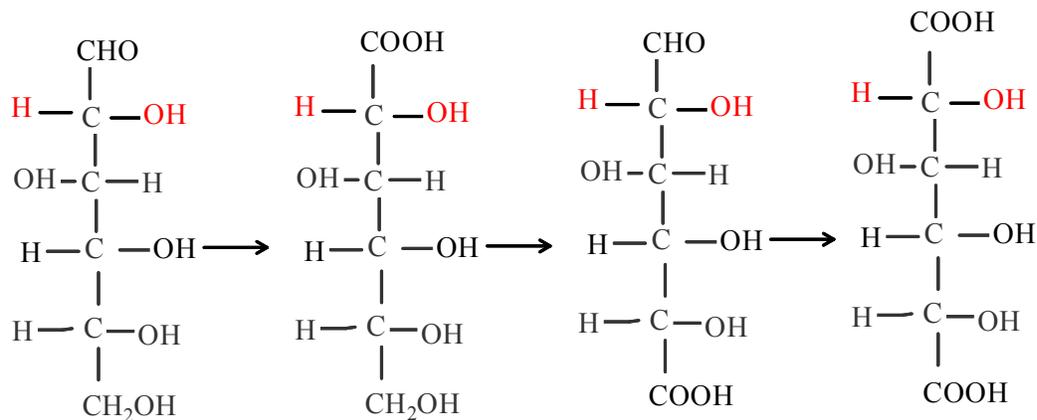
الكوندروتين Chondrotin

وهو من السكريات غير المتجانسة والتي تشابه التركيب الكيميائي لحامض الهالويورنيك عدا انه يحتوي على السكر الاميني N-acetyl-D-galactose amine يعد الكوندروتين احد مكونات الاغلفة الخلوية ويعد من المكونات التركيبية الأساسية للغضاريف والأوتار والعظام .

مشتقات السكريات الأحادية Derivatives of mono saccharides

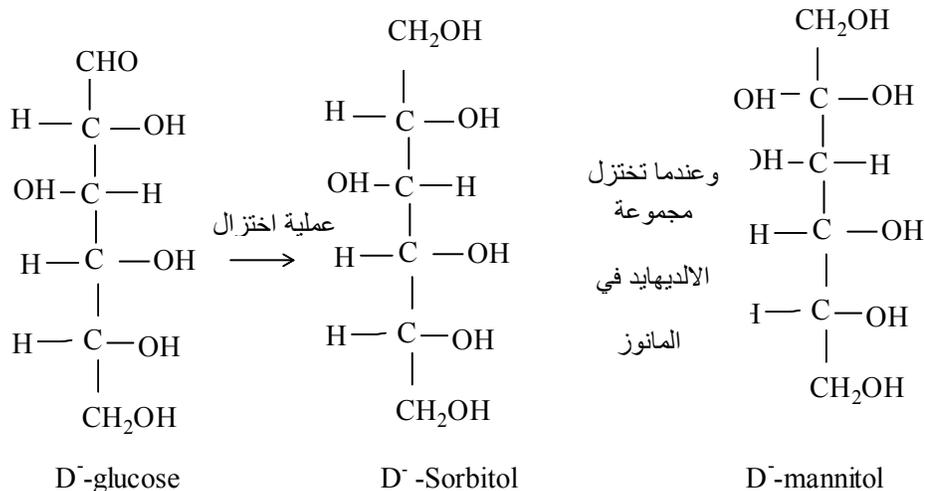
1- الأحماض السكرية Sugaracids

تتكون هذه الأحماض عندما تتأكسد مجموعة الالديهيد في السكر السداسي إلى مجموعة كاربوكسيل حيث تتكون أحماض الدونية aldonic acids عندما تتأكسد ذرة الكاربون رقم (1) فقط أما عندما تتأكسد ذرة الكاربون رقم (6) تتكون أحماض يورونية Uronic acids وعند تأكسد ذرة الكاربون (1,6) تتكون أحماض الدارية Aldaric acids كما في الأمثلة التالية :

D⁻-glucoseD⁻-gluconic acidD⁻-glucouronic acidD⁻-glucaric acid

2- السكريات الكحولية Alcoholic sugars

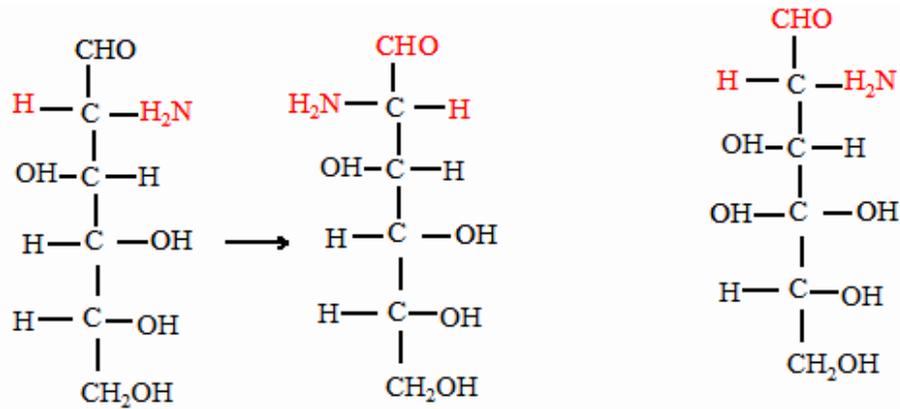
عندما تختزل ذرة الكربون الأولى (مجموعة الألدهايد) في السكر السداسي الألدهايد فسوف تتحول إلى مجموعة كحول أولي ويتكون سكر كحولي كما موضح في المثال التالي:



وهكذا بالنسبة للفركتوز وكذلك الكالكتوز الذي ينتج منه السكر الكحولي Dulcitol .

3- السكريات الأمينية

تحل في هذا النوع مجموعة الأمين محل مجموعة (OH) على ذرة الكربون رقم (2) كما هو موضح في الشكل التالي :



D -GLUcose amine

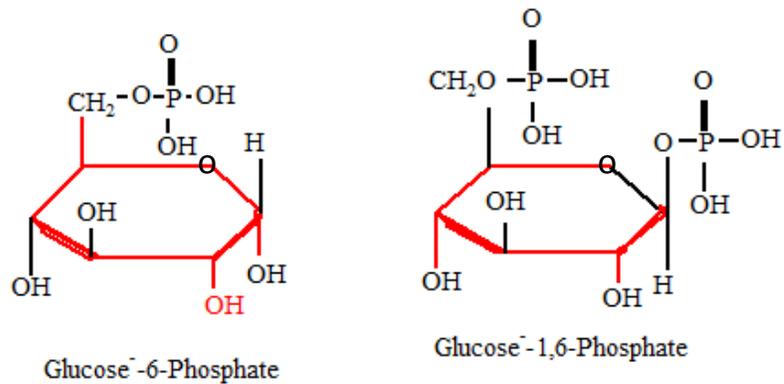
D -Mannose amine

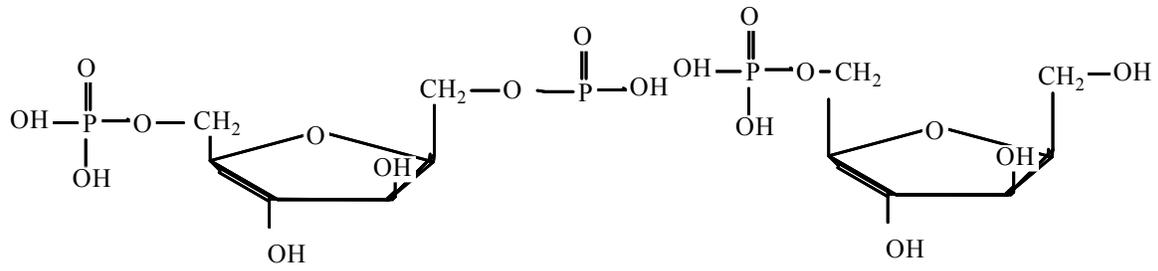
D -Galactose amine

يوجد الكلوكوز أمين في السكريات المتعددة مثل الكايتين أما الكالكتوز أمين فيوجد في السكر المتعدد (الكار) والغضاريف ويمكن القول أن العديد من المضادات الحيوية Antibiotics مثل Erythrotrycin والـ Carbomycin تدخل في تركيبها السكريات الامينية حيث أن فعالية هذه المضادات تعود ألي السكريات الامينية الداخلة في تركيبها .

4-أسترات حامض الفسفوريك

تتكون نتيجة تفاعل السكر الأحادي السداسي مع حامض الفسفوريك حيث تتكون سكريات مفسفرة والتي تلعب دورا أساسيا ومهما في العمليات الايضية للكاربوهيدرات كما موضح في الأمثلة التالية:





Fructose 1,6-Phosphate

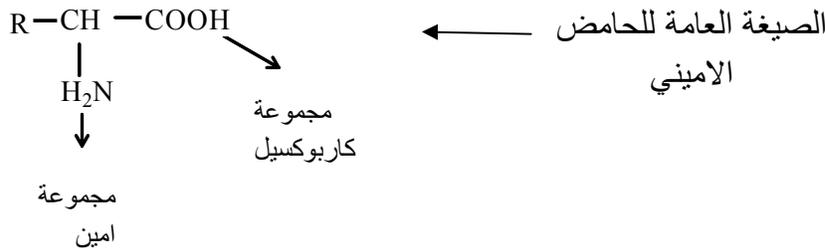
Fructose-6-phosphate

وهكذا بالنسبة لبقية السكريات الأحادية مثل المانوز والكالكتوز تتم العملية بنفس الطريقة .

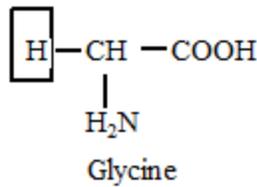
الفصل الثالث

الأحماض الامينية

هي مركبات عضوية مكونة من مجموعة كاربوكسيل ومجموعة امين على الأقل إضافة ألي مجموعة (R) الجانبية وتعد الأحماض الامينية الوحدات البنائية أو التركيبية للبروتينات .
Structural units of proteins .
أن الأحماض الامينية التي تنتشر في الكائنات الحية هي (20) حامض من نوع α لذلك تسمى بـ α -minoacids ويمكن رسم التركيب الكيمياوي العام او الصيغة الكيميائية العامة للحامض الاميني تعد الأحماض الامينية المصدر الأساسي لبناء جميع أنواع البروتينات كما أنها مواد أولية في بناء الهرمونات والقواعد النايتروجينية والفيتامينات .

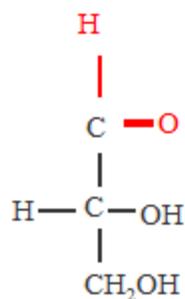


أن الصيغة الكيميائية والفيزيائية للحامض الاميني تعتمد على مجموعة (R) فهي إما تكون حامضية أو قاعدية أو قطبية أو اليفاتيةالخ. لذا فان ما يميز حامض أميني عن آخر هي هذه المجموعة. والتي تعد هوية الحامض الاميني وتسمى بالأحماض α وذلك لان مجموعة الأمين تقع على ذرة الكربون المجاورة لمجموعة الكاربوكسيل. أن ابسط حامض أميني The simplest amino acids هو الكلايسين Glycine والذي تكون مجموعة (R) هي عبارة عن ذرة هيدروجين (H) كما هو موضح في الشكل :

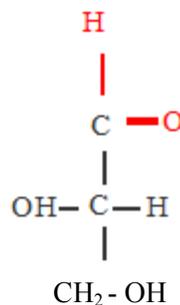


Optical activity of amino acids الفعالية البصرية للأحماض الامينية

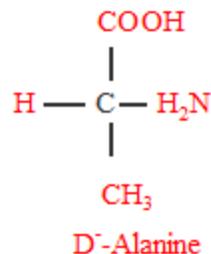
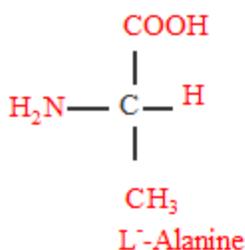
تحتوي جميع الأحماض الامينية على ذرة كاربون غير متماثلة Asymmetric carbon atom باستثناء الكلايسين لذلك فهي يمكن أن تكون بشكل D أو L ويمكن اخذ الحامض الاميني Alanine كمثال لذلك والذي يكون مشابها للسكر الأحادي Glycer aldehyde الذي اخذ كمثال في السكريات الأحادية كما هو موضح في الأشكال التالية :



D- glyceraldehyde



L-glyceraldehyde

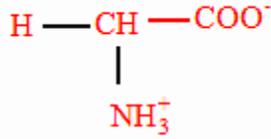


إن الأحماض الامينية الشائعة التي توجد في الكائنات الحية تكون من النوع L وليس D كما هو في السكريات التي تناولناها في الفصل السابق لذا فان الأحماض الامينية جميعا باستثناء الكلايسين يمكن أن تدور الضوء المستقطب إلى اليمين أو اليسار أي يمكن أن تكون ذات علامة (+) أو (-) تبعا لتدوير الضوء المستقطب والسبب أن الكلايسين لا يحتوي على ذرة كاربون غير متماثلة.

The acid-base properties of amino acids الخصائص الحامضية -القاعدية للأحماض الامينية

تمتلك الأحماض الامينية خاصية الأحماض الضعيفة weak acids أو القواعد الضعيفة weak alkalines وذلك لأنها تحتوي على مجموعة كاربوكسيل واحدة ومجموعة أمين واحدة على الأقل ويطلق على المواد التي تتأين حامضيا و قاعديا في نفس الوقت في المحاليل المائية بالمواد ذات التفاعلين أي امفوتيرية Amphoteric فمثلا الحامض الاميني Glycine تتأين كلا المجموعتين الحامضية والقاعدية في المحاليل

لتكون ايونات ثنائية القطب أو ما يسمى بـ (Zwitter Ion) ويكون جزيء الكلايسين متعادل كهربائيا عند $ph=7.0$ كما في المثال أدناه :



ايون هجين Zwitter Ion

حيث انه سوف لا يجذب هذا الايون نحو إبي من القطبين الموجب والسالب وتسمى هذه النقطة بنقطة التماثل الكهربائي (PI) Isoelectric point. حيث أن للبروتين له نقطة تعادل كهربائي معينة وله قابلية على معادلة الأحماض والقواعد لكونه يتكون من أحماض امينية لذا فان هذه الخصائص تمكن البروتينات من أن تعمل كمواد منظمة (حافضة) Buffer في الدم أو في سوائل الجسم الأخرى .

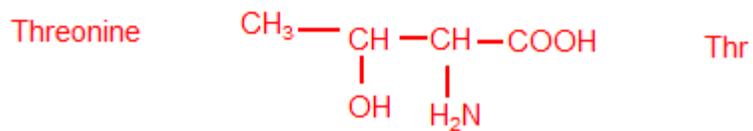
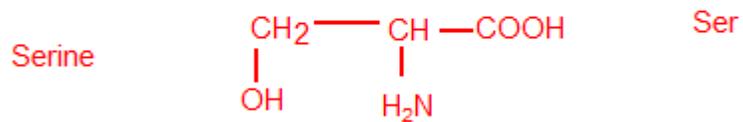
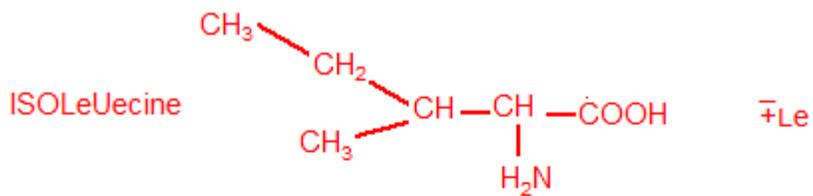
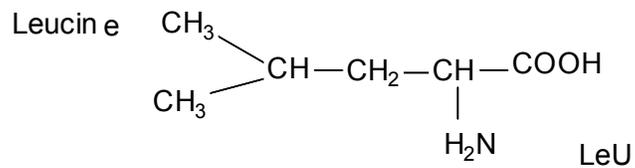
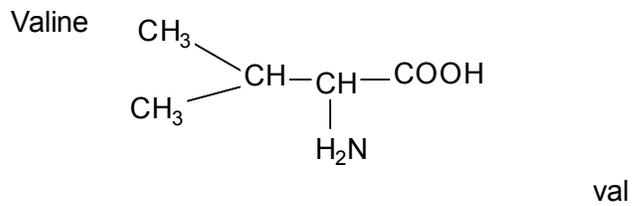
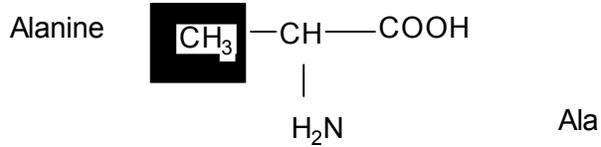
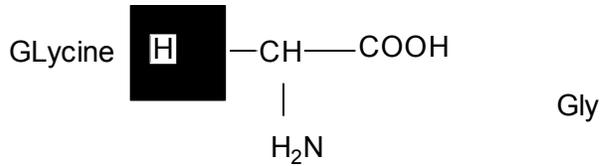
تصنيف الأحماض الامينية Classification of amino acids

يمكن تصنيف الأحماض الامينية اعتمادا على مجموعة R الجانبية إلى :

- 1- أحماض امينية اليفاتية Aliphatic amino acids
- 2- أحماض امينية قاعدية Acidic amino acids
- 3- أحماض امينية قاعدية Basic amino acids
- 4- أحماض امينية كبريتيدية Sulfuric amino acids
- 5- أحماض امينية واميداتها acids –base amino acids
- 6- أحماض امينية اروماتية Aromatic amino acids

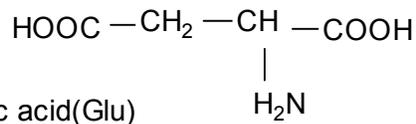
1-الأحماض الامينية الاليفاتية

وتشمل :- ,Alanine, Glycine, valine, Isoleucine leucine, threonine ,serine , بصورة عامة تكتب مختصرات الأحماض الامينية وهي عبارة عن الأحرف الثلاثة الأولى علما بأنه يمكن كتابة المختصر بحرف واحد فقط .

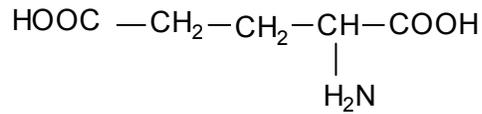


2- أحماض امينية حامضية.

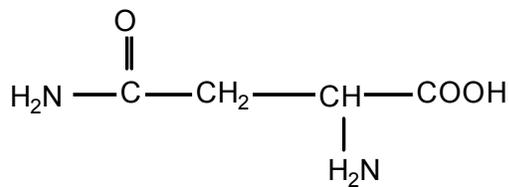
AsPartic acid (Asp)



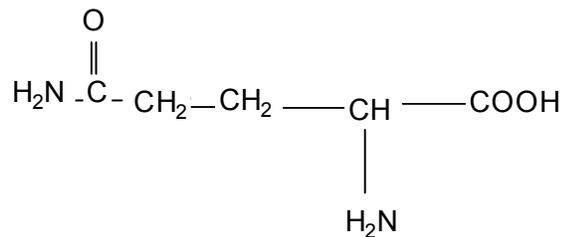
GLutamic acid(Glu)



3- أحماض امينية حامضية واميداتها (حامضية قاعدية)

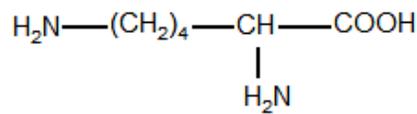


ASPargine (Asn)

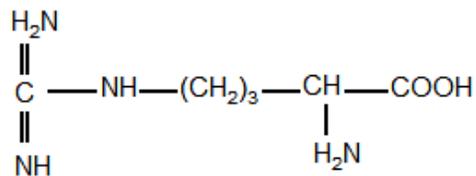


GLUtamine (GLn)

4- أحماض امينية قاعدية .

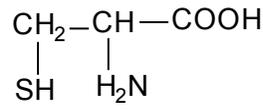


Lysin e (Lys)

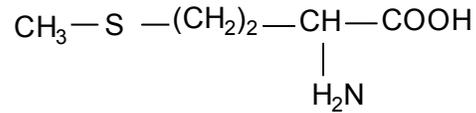


Arginine (Arg)

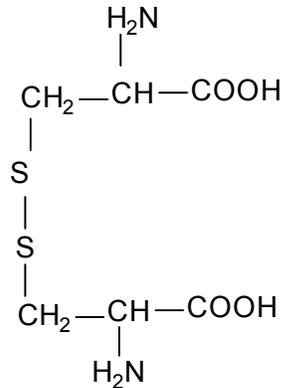
5- أحماض امينية كبريتيدية



Cystein(cys)



Methionine(Met)

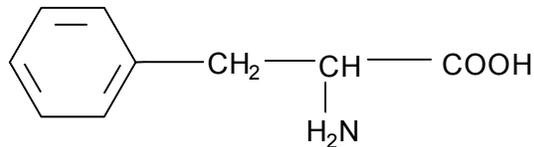


Cystine(cys⁻-cys)

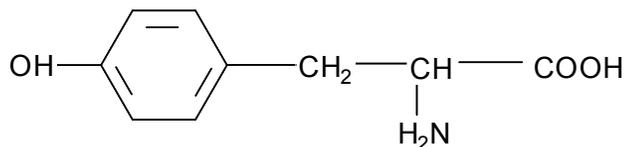
يسمى أيضا dicystein

ملاحظة: لا يعد (cys-cys) ضمن الأحماض الامينية العشرين

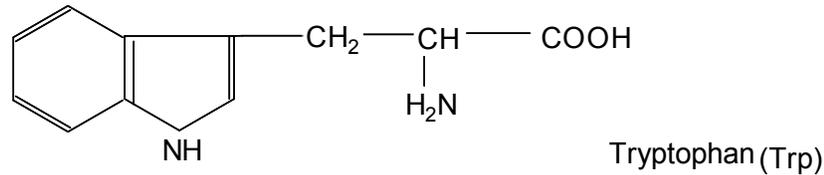
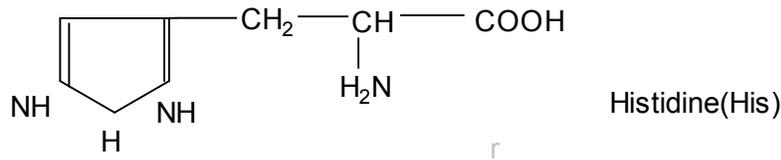
6- أحماض امينية اروماتية



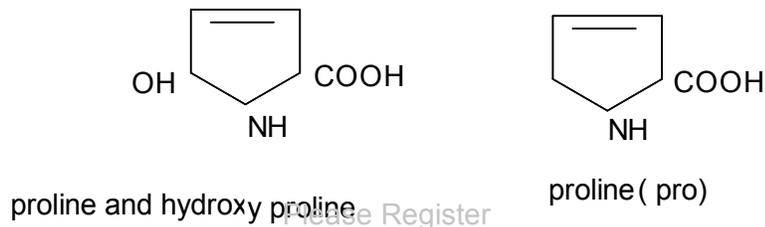
Phenylalanine(Phe)



Tyrosine(Tyr)



وكذلك توجد ضمن الأحماض الامينية الاروماتية أحماض الـ Imino حيث أنها تحتوي على مجموعة أمين ثانوي بدلا من مجموعة الأمين الأولى التي توجد في جميع الأحماض الامينية سابقة الذكر ومن أحماض الـ Imino هما الحامضان :-

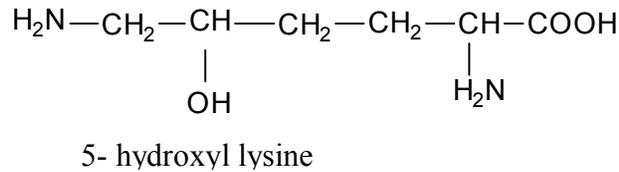
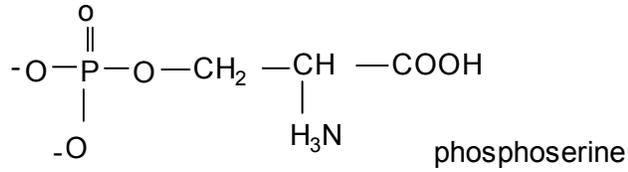


Hydroxy prolin (Hyp)

ولا يعد Hyp ضمن الأحماض الامينية البروتينية العشرين سابقة الذكر

الأحماض الامينية النادرة الموجودة في البروتين

بالإضافة ألي الأحماض الامينية العشرين التي توجد في البروتين هناك عدد قليل من الأحماض الامينية توجد في بعض البروتينات المتخصصة وهي تشتق عادة من الأحماض الامينية الموجودة في البروتين ومن هذه الأحماض 4-hydroxy proline ويشتق عادة من البرولين 5-hydroxy lysine ويشتق عادة من الايلاستين ويوجد في البروتين المسمى ايلاستين Elastin كذلك هناك الحامض الاميني المشتق مثيل لايسين وكذلك الفوسفوسيرين .



الأحماض الامينية غير البروتينية

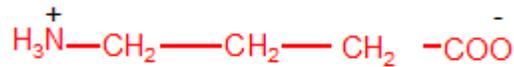
لا تدخل هذه الأحماض في بناء البروتينات بل توجد في مصادر خاصة بشكل منفرد أو مرتبط مع مركبات أخرى

1- بيتا β - alanine



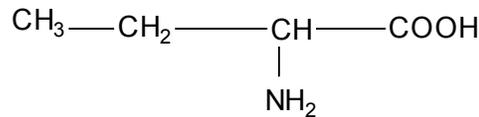
يوجد ضمن تركيب حمض الـ pantothenic وكونزيم A .

2- Yamino butric acid



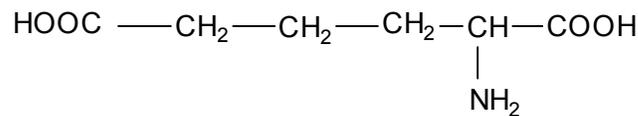
وتوجد في كثير من النباتات, المخ, الرئة, والقلب

3- α - aminoburicacid



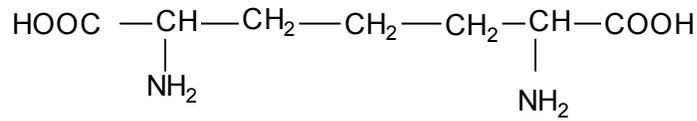
ينتشر في مستخلصات المخ لمختلف الحيوانات

4- α - amino adipicacid



مركب وسطي لتفاعلات مركبات جدر خلايا بعض أنواع البكتريا للحمض الاميني لايسين lysin.

α, ϵ - diaminopimelic acid -5



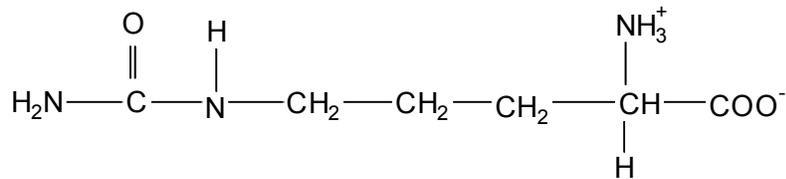
هو المركب الوسطي لتفاعلات مركبات جدر خلايا بعض أنواع البكتيريا للحمض الاميني lysine

creatine -6

يتحول إلى فوسفوكرياتين وتقوم بعملية خزن الطاقة في الجسم

-7 وهي الأحماض التي تتكون أثناء العمليات الحياتية للامونيا حيث يتم التخلص من المركب الأخير بشكل

اليوريا

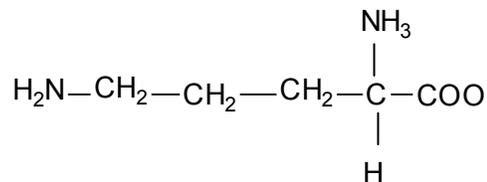


Citrulline

(الكبد والرقي)

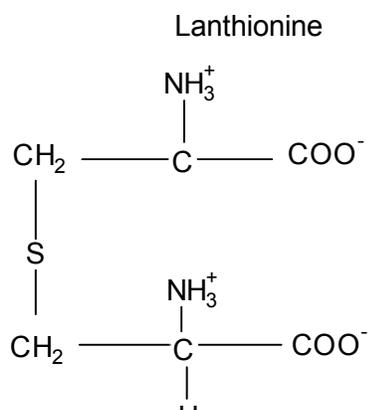
Ornithine -8

مركب وسطي في مركبات اليوريا



Ornithine

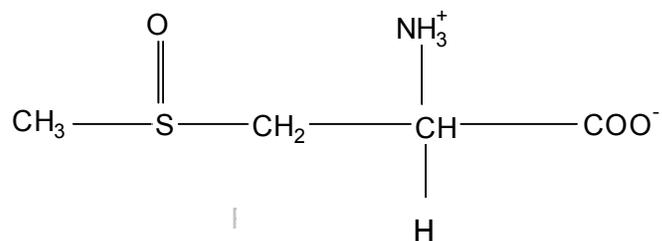
مركبوسطي في دورة اليوريا



β - amino - β - carboxyethylsulfide

(يتكون نتيجة التحلل المائي للبروتين كيراتين)

S-methyl cysteine sufoxide

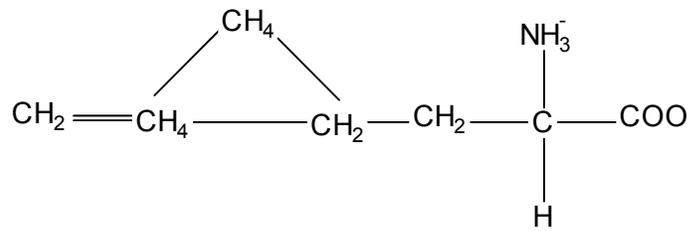


(في النباتات العليا)

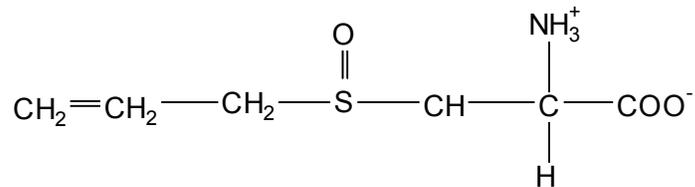
Hypoglycine -11

α - amino - methylene cyclo propan propionic acid

(Bilighia Sapida)



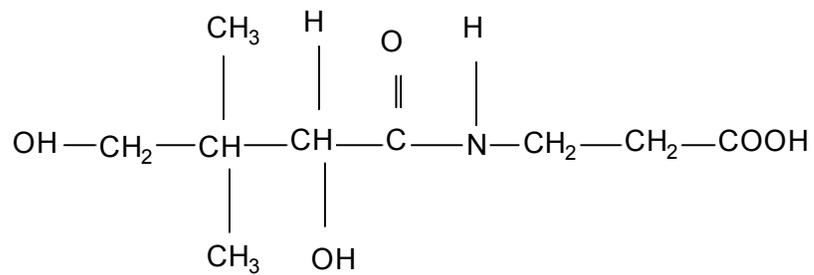
Alliin -12



S-allylcysteine sulfoxide (في النباتات العليا)

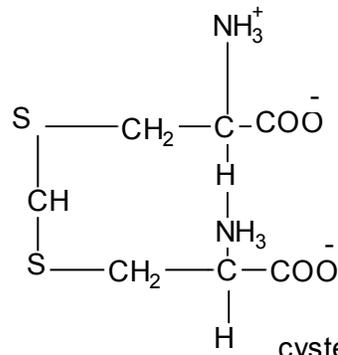
Pantothenic acid -13

وهو احد فيتامينات مجموعة B



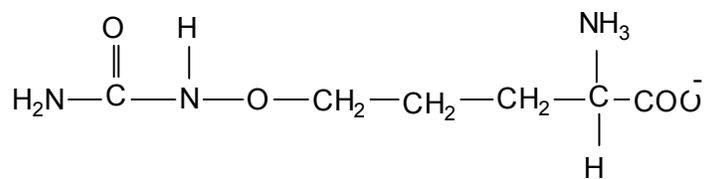
Djenkolic acid -14

يوجد في الفطريات



cystein thioacetal of formaldehyde Djenkol

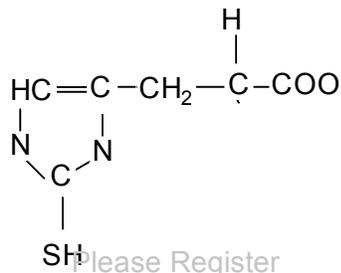
Canavanine-15



Canavanine

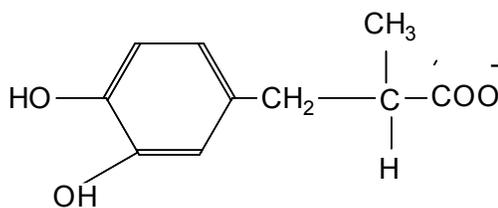
Please Register ← amino-γ-guanidinoxy-n-butyric acid

ergothioneine-16



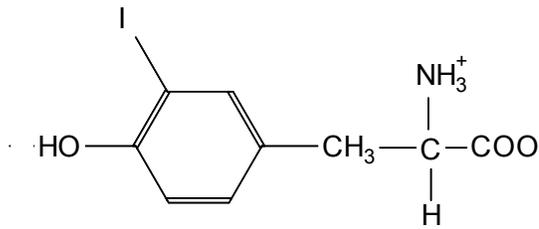
(يوجد في فطر Ergot, الخلايا الحمراء) ergothioneine -17

(في بذرات بعض أنواع الفاصوليا) Dihydroxy phenyl alanine -18

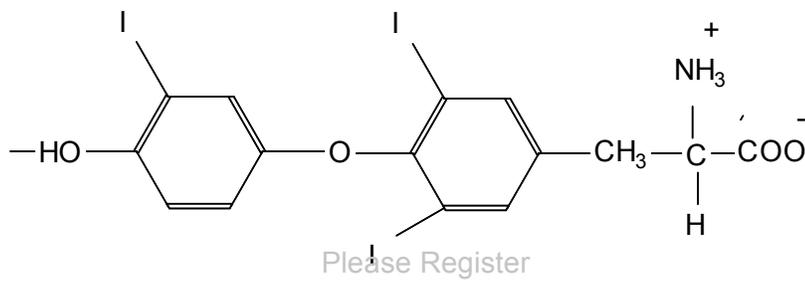


← amino-B⁻-3,4-dihydroxy phenyl propionic acid

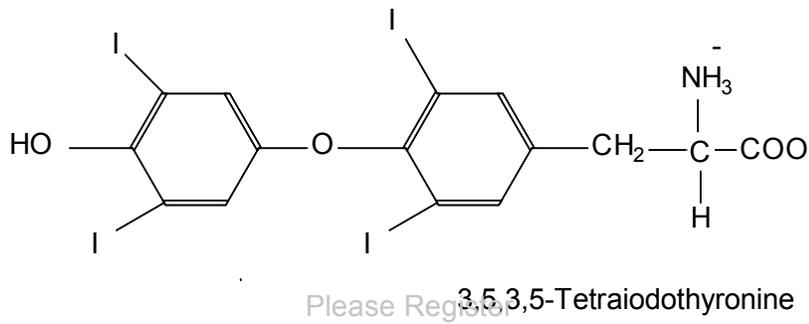
19-3-Iodotyrosine (في الغدة الدرقية)



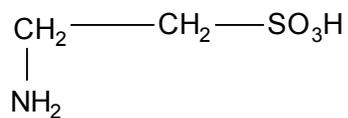
20-3,5,3-triiodo thyronine (في الغدة الدرقية)



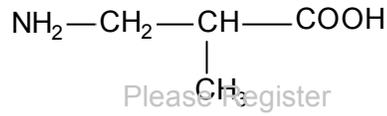
21-Thyroxin (مشتق من الحامض الاميني tyrosine) (في الغدة الدرقية)



22-Taurine. (يوجد في الخلايا أو متحد مع الأحماض الصفراوية (taurocholate))



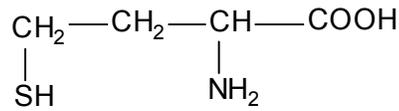
23-β - amino isobutyric acid



Please Register

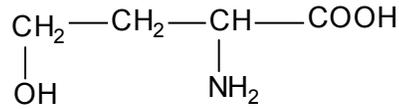
المركب النهائي في العمليات الحياتية للبيريميدين كما يوجد في إدرار المرضى المصابين في بعض الأمراض الوراثية .

Homocystein-24



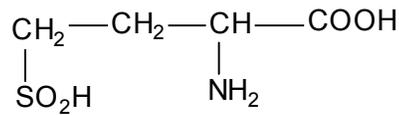
Methionine يوجد كمركب وسطي يتكون أثناء التركيب الحياتي للمثايونين

Homoserine -25

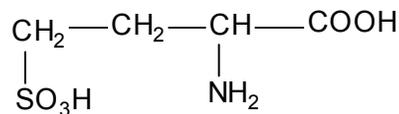


ويتكون أثناء تفاعلات الأحماض الحياتية methionine ,aspartate,methrone,threonine

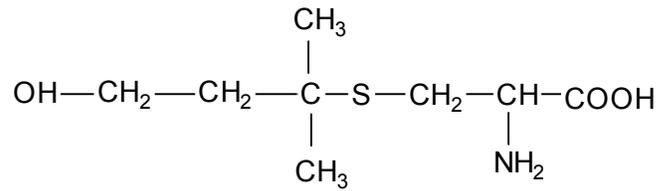
Cysteine sulfinilic -26 (في أنسجة المخ للجرد)



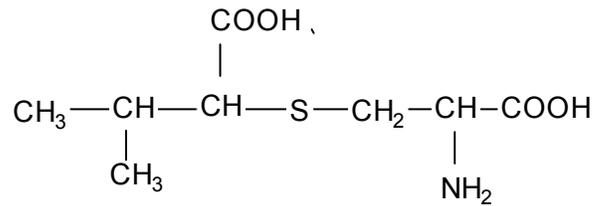
Cysteic حمض -27



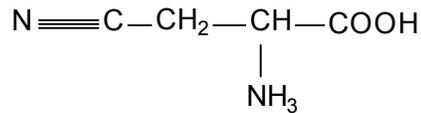
28- Felinine (في إدرار القط)



29- Isovalthine (في إدرار القطط وبعض المرضى المصابين بنقصان في إفرازات الغدة الدرقية)



30- β - Cyanoalanine (وهي من المواد السمية للكثير من أشكال الأحياء)



(ب) التركيب الحياتي و الكيميائي للأحماض الامينية

يمكن تركيب الأحماض الامينية ذات الموقع (ألفا) بالطرق التالية :-

1- التحلل المائي للبروتينات

2- الطرق الكيميائية

3- الطرق الحياتية

الطرق الكيمياوية

ويستعمل بهذه الطريقة مركبات مناسبة يمكن إدخالها في سلسلة تفاعلات للحصول على الحامض الاميني

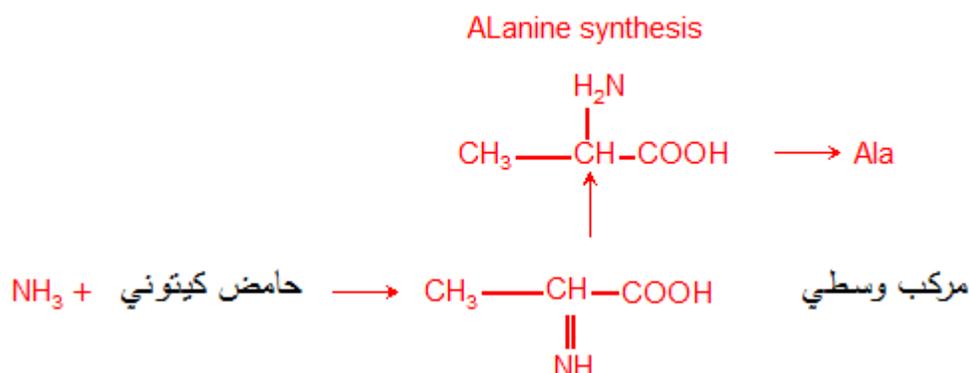
المناسب .

1- من الأحماض الكيتونية

بوجود عامل مساعد مناسب تتفاعل الأحماض الكيتونية مع الامونيا مكونا مركبا وسطا (الحمض الاميني)
(imino acid) ويختزل الأخير بعد ذلك مكونا الحامض الاميني المناسب .

مثال تكوين الالانين

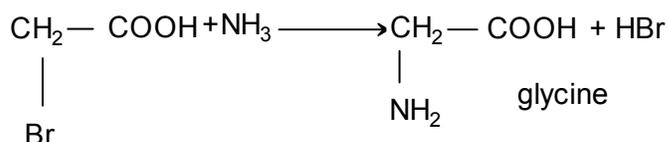
المعادلة رقم (1)



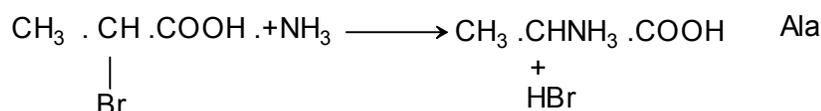
2- من الأحماض الهالوجينية

تعتمد هذه الطريقة على استبدال ذرة الهالوجين بمجموعة الامين وباستعمال الامونيا ويستعمل حامض mono

Glycine لتحضير bromoacetic



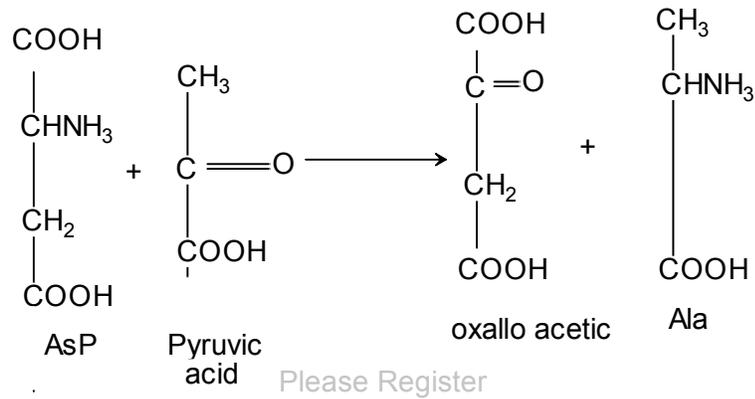
بينما يحضر الالانين Alanine عندما يستعمل



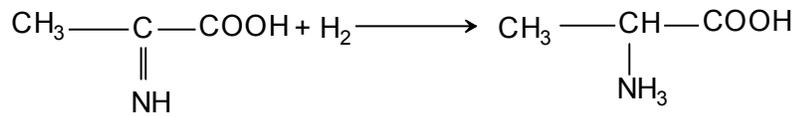
3- بانتقال المجموعة الامينية

من الحامض الاميني ألى الكيتوني وبالأخص يحدث هذا التفاعل عند وجود حامض الاسبارتك أو الكلوتاميك مع

حمض كيتوني مثل حمض الـ *pyruvic* أو *oxaloacetic*



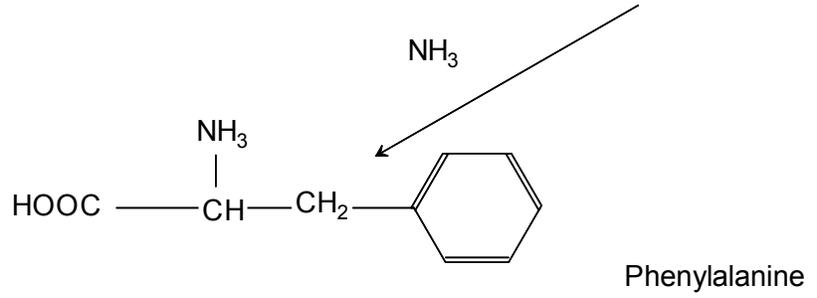
المعادلة رقم (2)



4- من الالديهيدات

يتفاعل حامض HCN مع الالديهيدات مكونا CYanohydrin والذي يتفاعل مع الامونيا مكونا مركبا وسطا يتحول بدوره إلى الحمض الاميني المناسب .

المعادلة رقم 1



التكوين الحياتي للأحماض الامينية

يجب توفر المصدر النتروجيني لتكوين مجموعة الامين وكذلك المصدر الكربوني والمصدر النتروجيني هو النتروجين اللاعضوي يتحول بطريقة الأكسدة والاختزال إلى الامونيا حيث يستفاد منه بتكوين مجموعة الأمين إما المصدر الكربوني فهو متنوع ويمكن اعتبار كل من المركبات التالية مصدرا مختصا لبعض الأحماض الامينية .

- 1- *GLceric 3-p* : يتكون منه الـ *cystine, Glycine serine cysteine* .
- 2- *α - ketoglutaric* : يتكون منه *Glutamic* والأحماض المشتقة عنه .
- 3- *pyruvic acid* .
- 4- *pentoses* .

(ج) تفاعلات الأحماض الامينية

تعتمد التفاعلات الكيميائية التي تقوم بها الأحماض الامينية على وجود :

أ-مجموعة الكربوكسيل *COOH*

ب-مجموعة الامين *NH₂*

ج-المجاميع الأخرى التي تعطي الصفات الخاصة للأحماض الامينية مثل الاميدازول

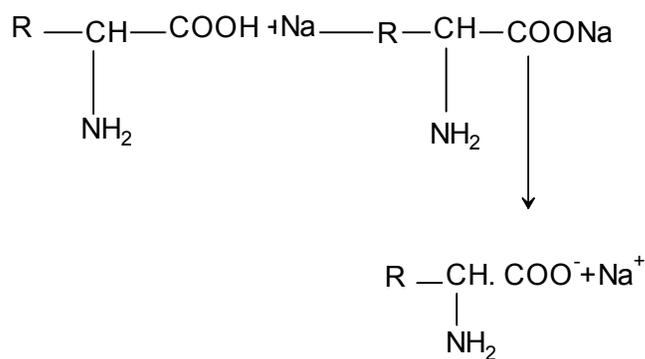
SH, Guanidino, imidazole.....الخ

أ-تفاعلات المجموعة الكربوكسيلية

تقوم المجاميع الكربوكسيلية للأحماض الامينية بالتفاعل لتكون الاميدات ،الاسترات ،وكذلك الهاليدات الحامضية

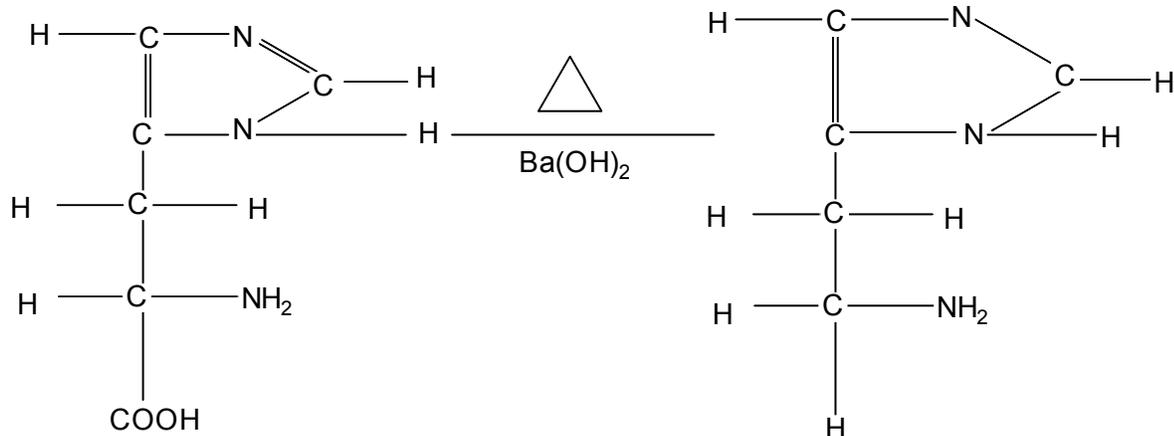
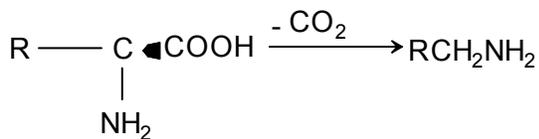
(1) مع القواعد

عندما يستعمل $NaOH$ للتفاعل مع الحمض الاميني يتكون ملح الصوديوم ألى يتاين ألى ايون الصوديوم والحمض الاميني .



(2) فقدان مجموعة الكربوكسيل

عند تسخين الحامض الاميني بوجود هيدروكسيد الباريوم أو *Diphenyl amine* يزال ثاني أكسيد الكربون ويتكون الأمين الأولي الذي يقل ذرة كربون عن الحامض الاميني الأصلي



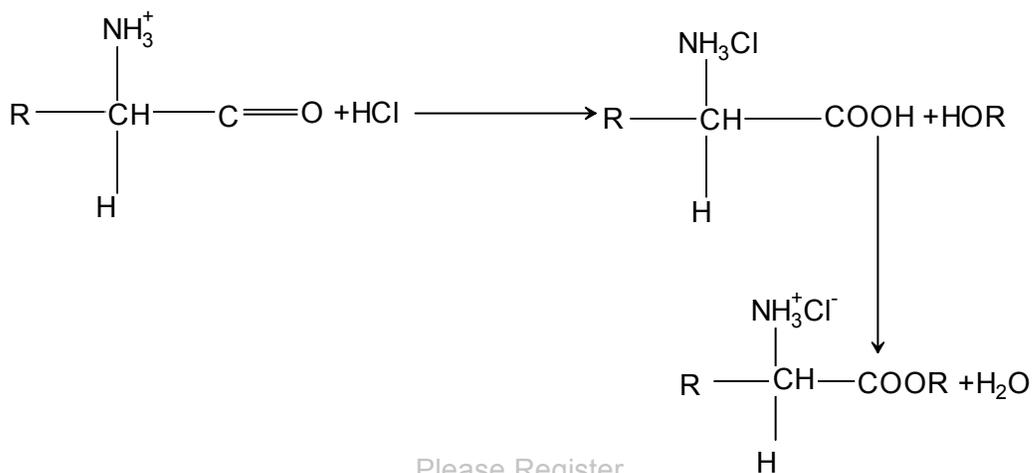
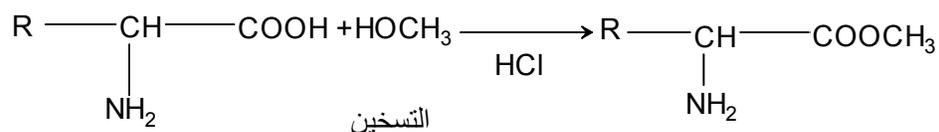
Histidine

Please Register

Histamine

(3) تكوين الاسترات

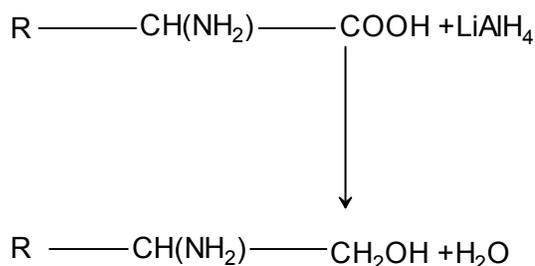
تتفاعل الأحماض الامينية مع الكحولات بوجود HCl الجاف مكونا الاستر المناسب (الاستر المثيلي).



Please Register

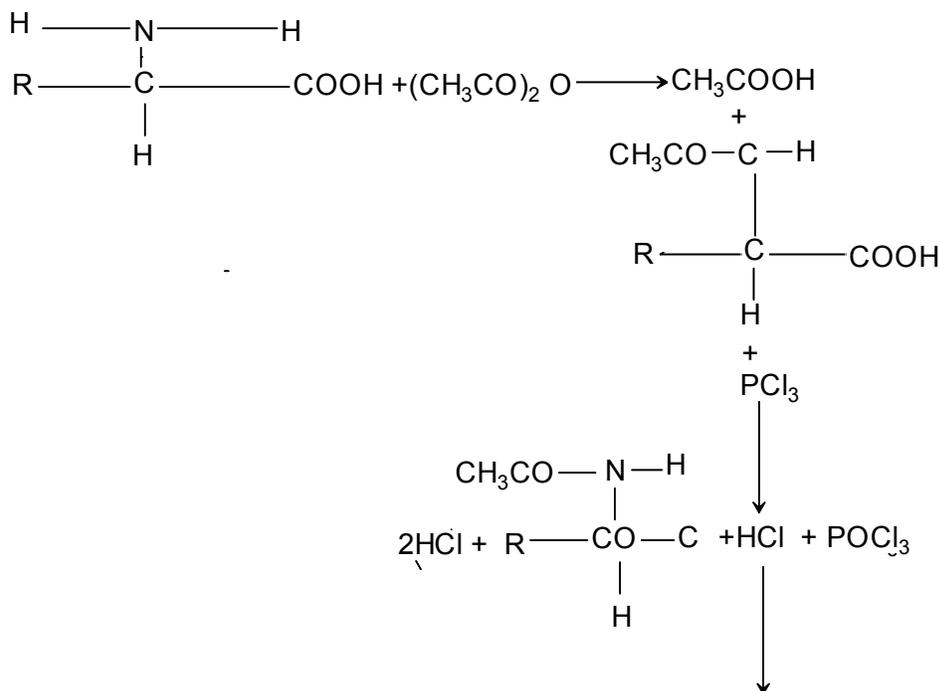
أما أسترة الأحماض الامينية فبالنفاعل مع الايثانول أو الكحول البنزيلي فيستعمل للمحافظة على مجموعة الكربوكسيل للأحماض الامينية عند صنع البيبتات.

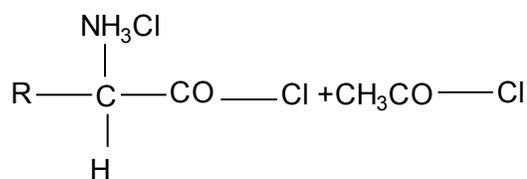
(4) يمكن اختزال الأحماض الامينية الحرة واسترتها LiAlH_4 المذاب بايثر ألى الكحولات المناسبة.



(5) تكوين كلوريدات الأحماض amino acyl chlorides

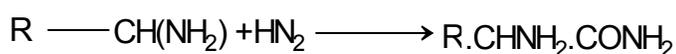
تنتج من تفاعل مجموعة الكربوكسيل مع خامس كلوريد الفسفور , حيث يتطلب أولاً وقاية مجموعة الأمين باستئنها بعدها يعامل الأخير بـ SOCl_2 ألى PCl_5 يمكن بعد ذلك إزالة مجموعة الاسيتل بمعادلة بـ الجاف .





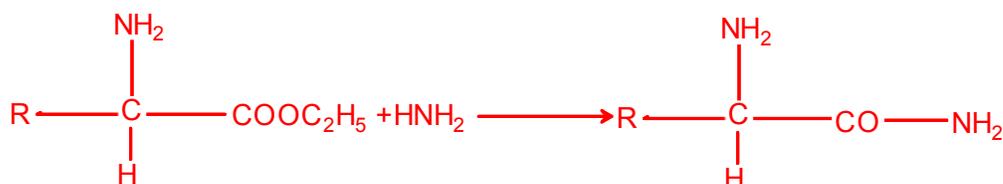
(6) تفاعل الأحماض الامينية مع الامونيا

تتفاعل الأحماض الامينية مع الامونيا مكونة الاميدات من خلال مجموعة الكربوكسيل ،وبنفس الكمية يتفاعل مع الامينات



ومشتقاتها لتكون الاميدات حيث تتفاعل أسترات الأحماض الامينية مع الكحول أو الامونيا اللامائي

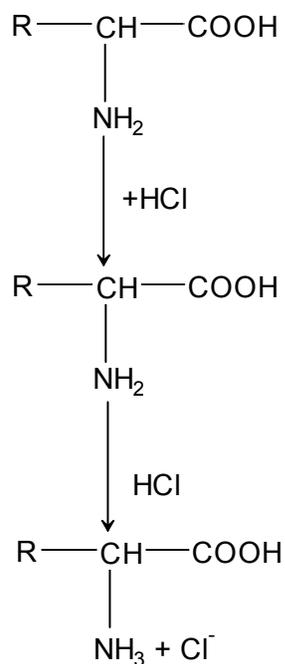
Anhydrous ammonia



ب- تفاعلات المجموعة الامينية

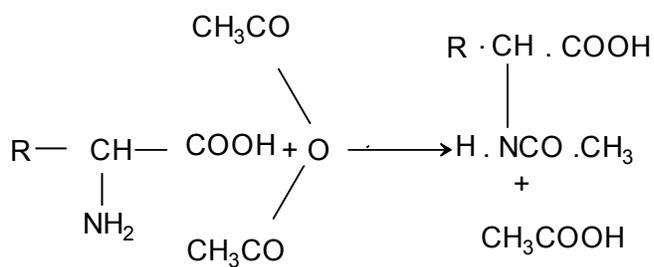
1- مع الأحماض

يتفاعل الحامض الاميني مثلا HCl مكونا Amino acid HCl والأخير يتاين ألى ايون الحامض الاميني الموجب والكلور السالب حسب المعادلة التالية:



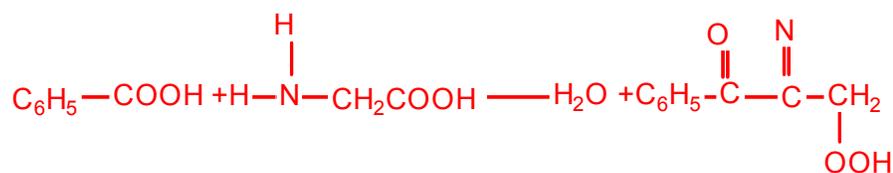
(2) - أسيلة الأحماض الامينية

أ - Acylation (acetylation) acetic anhydride . مكونة المشتق الاسيتيلي للحمض الاميني وحمض الخليك .

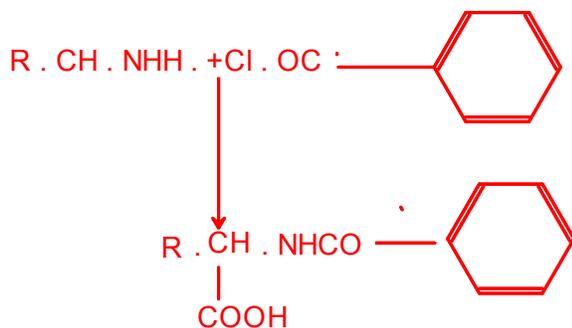


ب - بنزلة الأحماض الامينية

Benzoylation

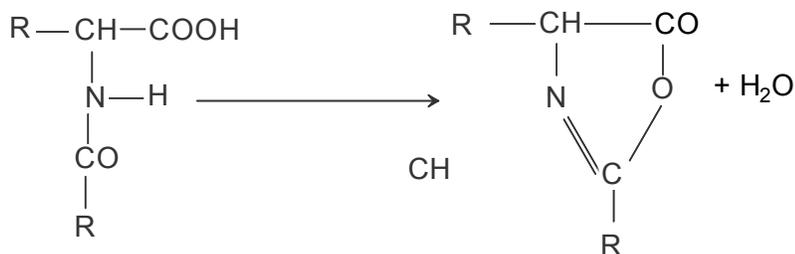


Benzyl chloride

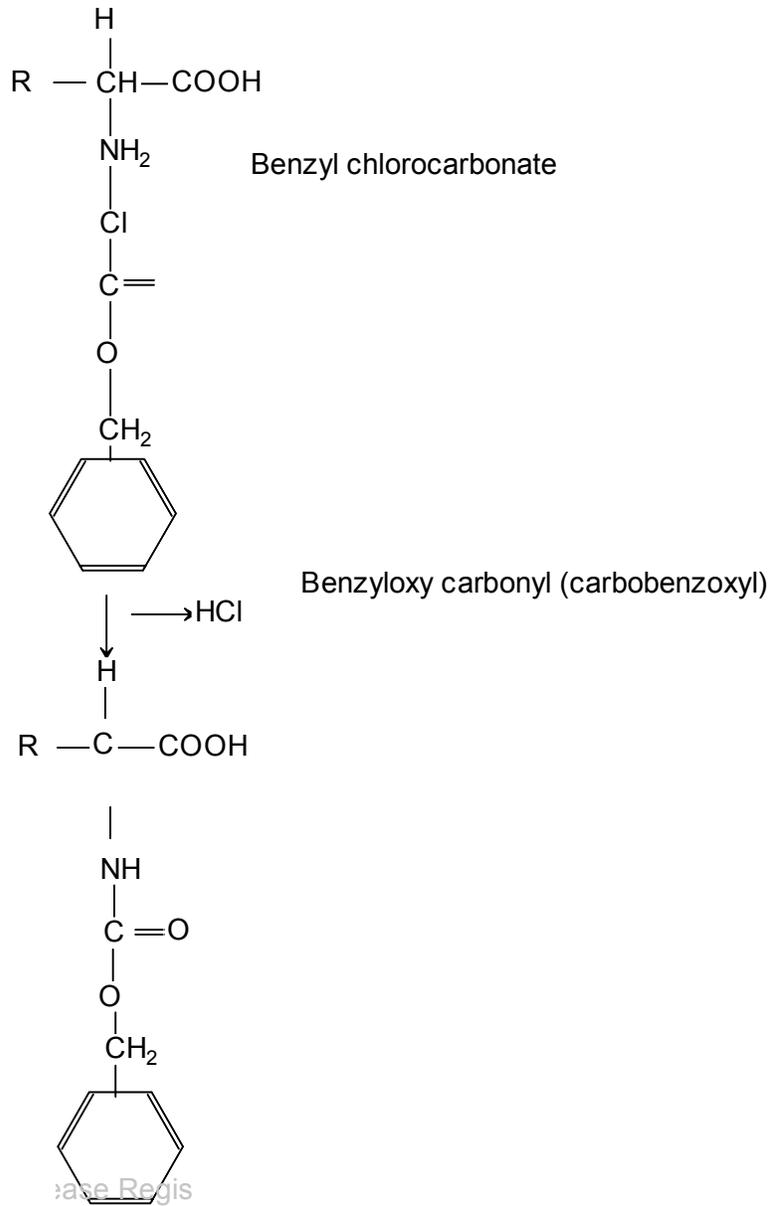


وعند إذابة الأحماض الامينية الاسيلية في حامض الكبرتيك تتكون مركبات

oxazolones , azlactones, N-acyl amino acid ,Benzyl amino acids

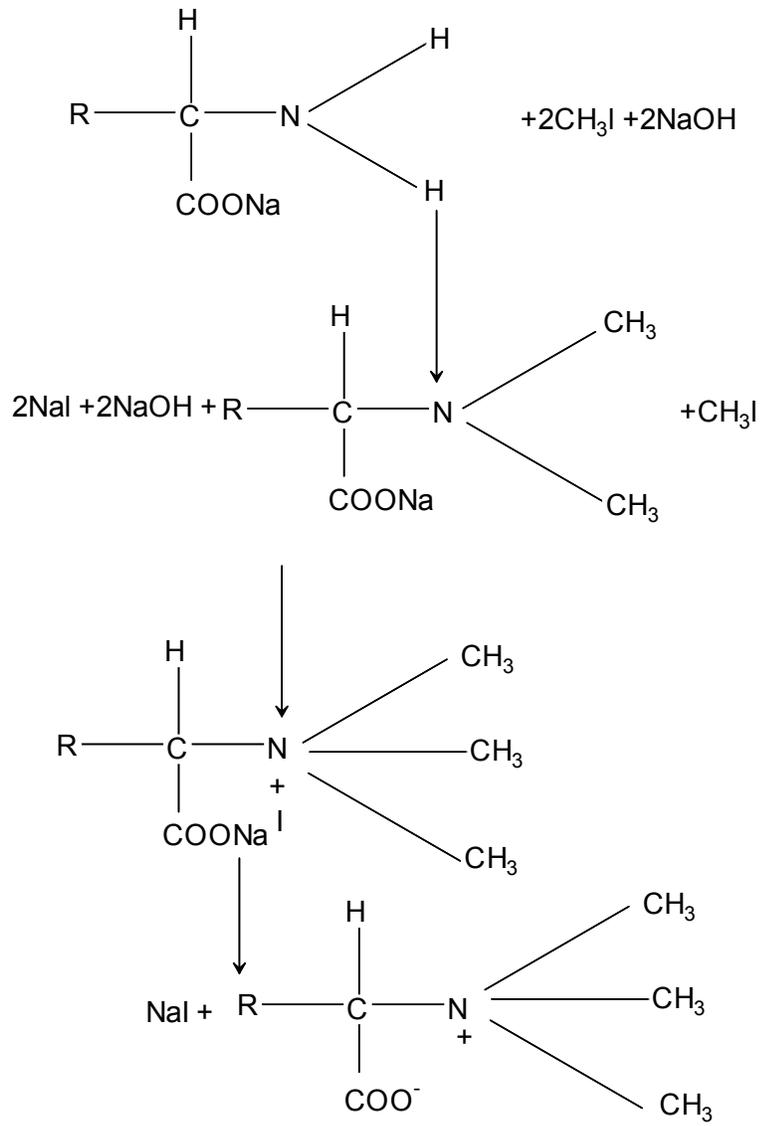


ومن أكثر المواد استعمالا للمحافظة على مجموعة الأمين الـ Benzyl chlorocarbonate والذي يكون بعد تفاعله مع مجموعة الأمين الـ carbonyl Benzyloxy



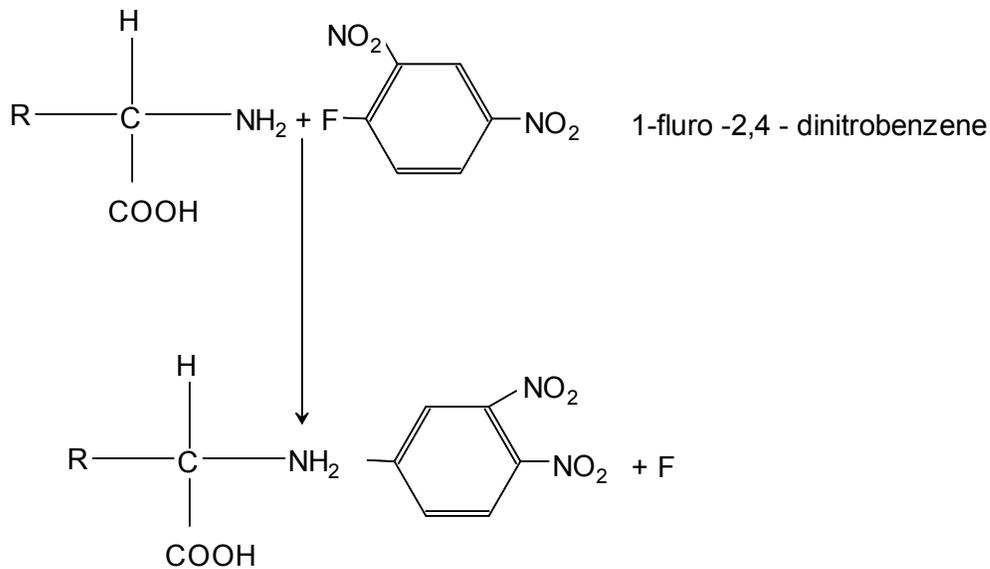
3-ميثلة الأحماض الامينية Methylation of amino acids

يحدث هذا التفاعل باستعمال مصدر مثيلي مثل Methyl iodide أو Dimethylsulfate في محلول قاعدي ويمكن توضيح هذا التفاعل بالمعادلات التالية :



4-مع مادة Sanger

تتفاعل مع مجموعة الأمين في درجة الحرارة العادية وفي وسط قلوي ضعيف مكونة DMP-amino acid
 ذات اللون الأصفر المقاومة للتحويل المائي FDNB Dinitrophenylamino

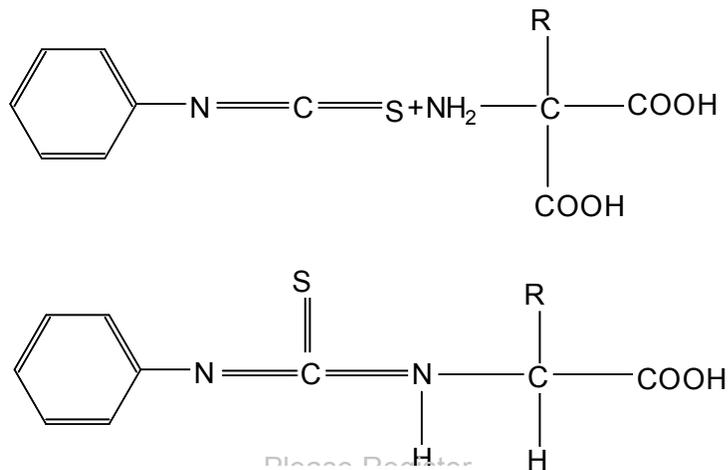


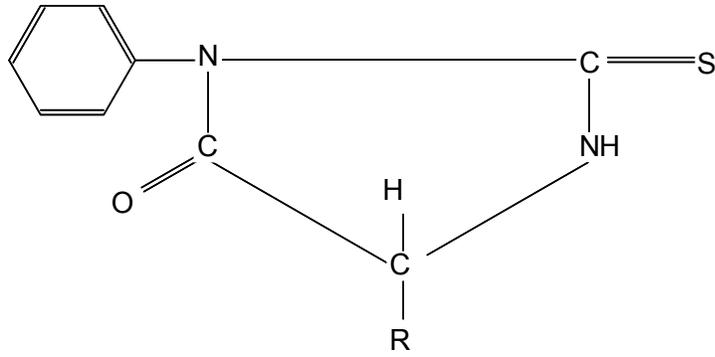
dinitrophenylamino acids (DNP amino acid)

يستعمل هذا التفاعل لمعرفة الحمض الاميني الموجود في النهاية النتروجينية (N-terminal).

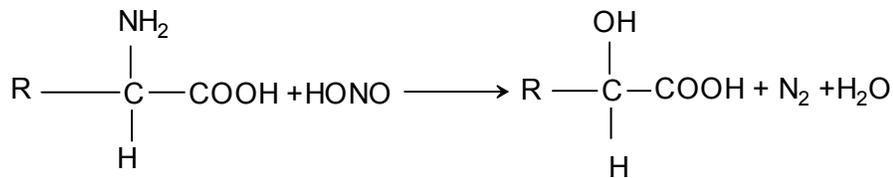
5-تفاعل

يتفاعل Phenyl isothiocyanate مع α -NH₂ في وسط قاعدي مكونا phenyl thiohydantion .





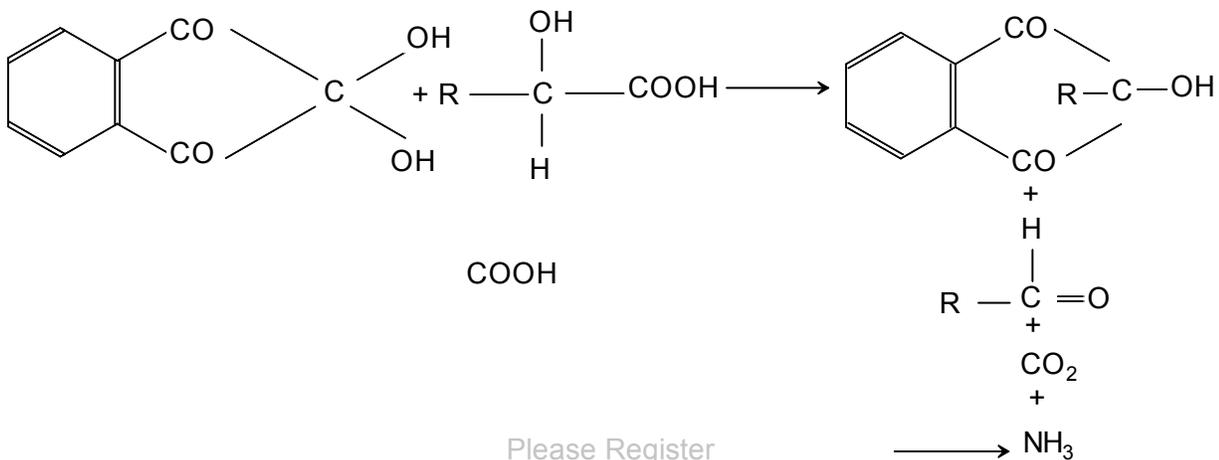
3- مع حمض النتروز Nitrous acid



ويسمى تفاعل Vanslyke والذي يكون على اثره الهيدروكسي مع النتروجين والأخير يمكن قياسه لمعرفة عدد مجاميع الأمين الموجودة في المركب .

4- مع الـ Ninhydrin

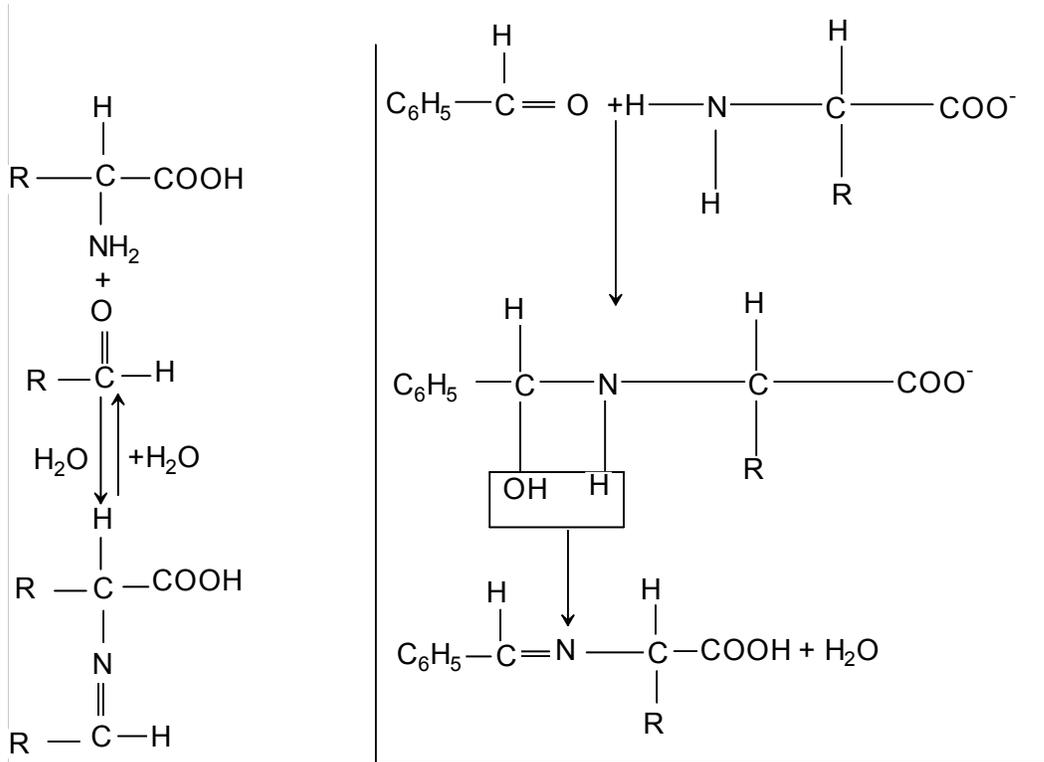
يتطلب لحدوث هذا التفاعل وجود حامض أميني يحمل مجموعة أمين منفردة في الموقع ألفا مع مجموعة كاربوكسيل منفردة لذلك ينتج من هذا التفاعل ثنائي اوكسيد الكربون CO₂ ، الامونيا ويتفاعل الأخير مع Ninhydrin مكونا مركبا لونه ازرق أو بنفسجي ، و ثم تقدير هذه الأحماض كميًا بتقدير CO₂ المتصاعد او اللون البنفسجي .



Please Register

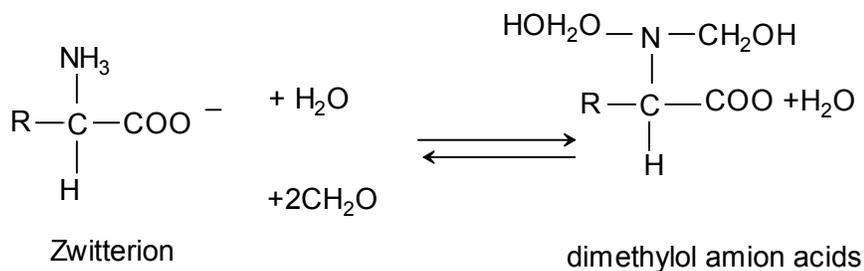
5-تكوين القواعد Schiff

تتفاعل الالديهيدات الاروماتية مع الأحماض الامينية في محيط قاعدي مكونا (قواعد شيف) كما هو مبين في أدناه.



(6) مع الفورمالديهايد dimethylol amion acids

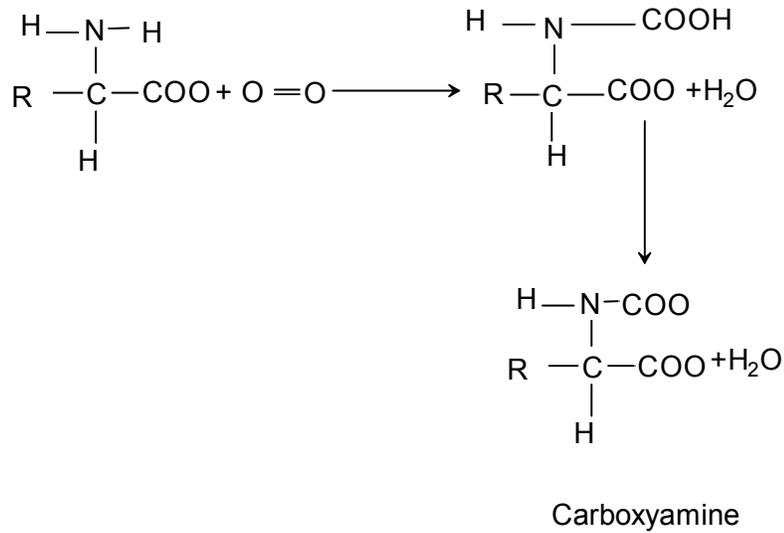
تضاف الفورمالديهايد ألى المجموعة الامينية مكونة



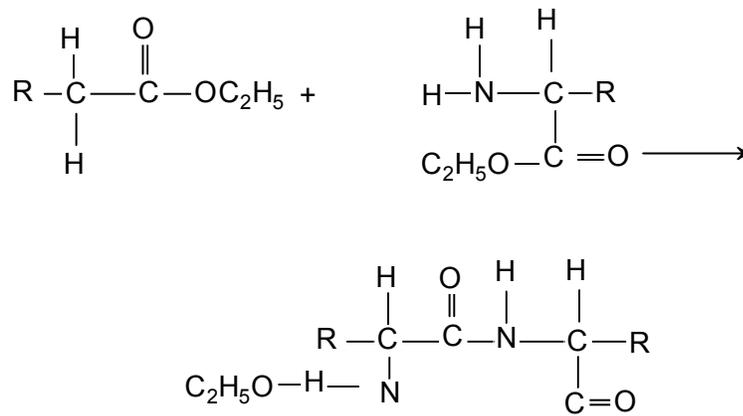
(7) مع ثاني اوكسيد الكربون

عندما يمر ثاني اوكسيد الكربون في محيط قاعدي للحمض الاميني مكون الحامض carbamino أو

carboxyamine



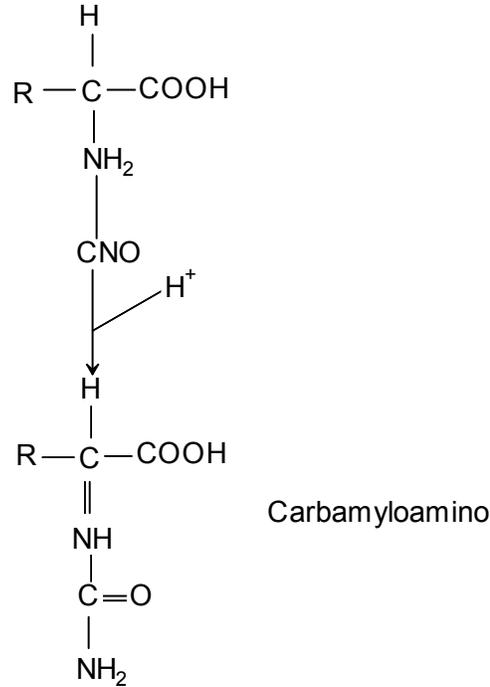
(8) تكوين Diketopiperazines



Diketopiperazines

9) تفاعل الأحماض الامينية مع الـ Cyanate

ايون السيانات



د- الصفات الفيزيائية للأحماض الامينية

1-قابلية الذوبان

يمكن تقسيم الأحماض الامينية حسب قابلية ذوبانها في الماء ألى :

1-سريعة الذوبان في الماء

2-الأحماض التي لا تذوب أو قليلة الذوبان في الكحول

3-غير ذائبة في الايثر

1-الأحماض السريعة الذوبان في الماء

مثل الكلايسين الالنين وغالبية الأحماض الامينية ماعدا التايروسين الذي يذوب قليلا في الماء البارد وأكثر إذابة

في الماء الساخن الذي يذوب بصعوبة في الماء الساخن والبارد .

2-الأحماض الامينية التي تذوب في الكحول

مثل البرولين ، والهيدروكسي برولين ولا تذوب باقي الأحماض الامينية في الكحولات وتختلف درجة ذوبان الأحماض الامينية وأملحها فلا يذوب في الكحول المطلق إلا البرولين ، أما الكحول البيوتيلي فتذوب فيه الأحماض الامينية المتعادلة .

1-تذوب الأحماض الامينية بصورة عامة في الأحماض المخففة والقواعد المخففة والتي فيها تتكون الأملاح لهذه الأحماض فالتايروسين قليل الذوبان في الأحماض المخففة ، أما الـ Cystine فيذوب في المحاليل المركزة للأحماض المعدنية مثل HCl.

2-درجة الانصهار Melting point :تمتلك الأحماض الامينية درجات انصهار عالية من 200م أو في بعض الحالات اكبر من 300م°.

3-المذاق :تقسم الأحماض الامينية حسب مذاقها ألي :

1)الأحماض الامينية عديمة الطعم .

2)الأحماض الامينية الحلوة .

3)الأحماض الامينية المرة .

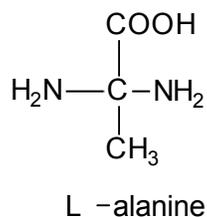
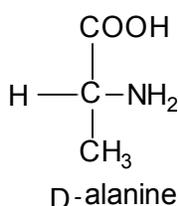
فالأحماض الحلوة هي Proline,OH,Serine,Tryptophan,Glycine,alanine,Valine,Histidine

أما عديمة الطعم فمثالها الليوسين، بينما Isoleucine الارجنين مرة المذاق .

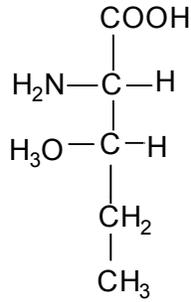
4-اللون : الأحماض الامينية مركبات عديمة اللون عندما تكون نقية .

5-الشكل : توجد هذه الأحماض بشكل بلورات مميزة .

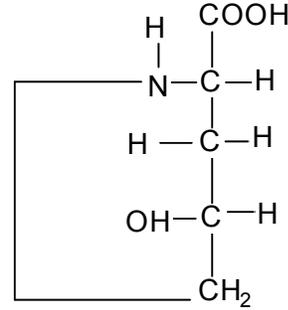
6-النشاط الضوئي للأحماض الامينية :لجميع الأحماض الامينية نشاط ضوئي ماعدا الكلايسين ويعود هذا النشاط ألي وجود ذرة الكربون غير المتماثلة في تركيبها بينما لا يمتلك الكلايسين ذرة كربون غير متماثلة. توجد هذه الأحماض بشكلين L,D والطبيعية منها توجد بشكل L أما التي تحضر كيميائيا فهي خليط من النوعين D,L.



ذرة كربون غير متماثلة واحدة



L - ISOleucine



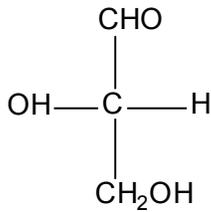
L-OH Proline

2 من ذرات كاربون غير متماثلة

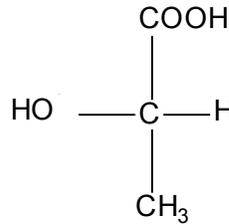
تمتلك بعض الأحماض الامينية على ذرتين كاربون غير متماثلة مثل :

Threonine, OHcysine, OHproline, Isoleucine

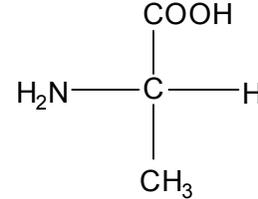
تمتلك جميع الأحماض البروتينية نفس الوضعية المطلقة التي يملكها الحامض L-alanine المتشابهة مع L-Glyceraldehyde.



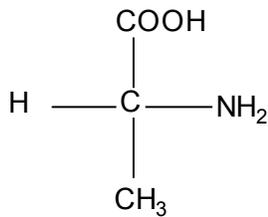
L -Glyceraldehyde



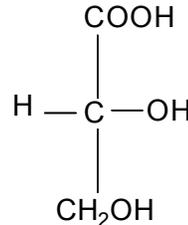
L-Lacticid



L -alanine

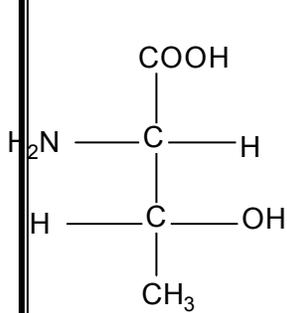


D -alanine

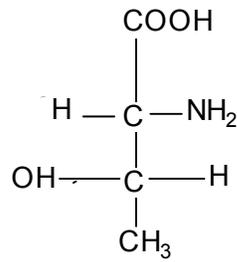


L - Glyceraldehyde

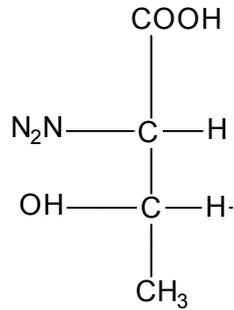
ونظرا لاحتواء OHlysine , threonine, Isoleucine cystine على مركزين نشطين ضوئيا لذا فان المركب الذي يتרכب كيميائيا عبارة عن خليط من المتشابهات الثنائية Diastereo isomers اثنان منهما تسمى بـ L,D والآخران L-allo وD-Allo



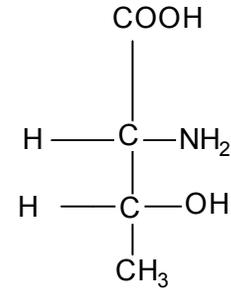
L - threonine



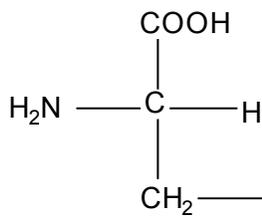
D - threonine



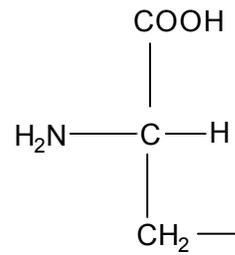
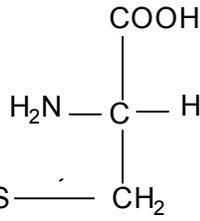
L - Allo threonine



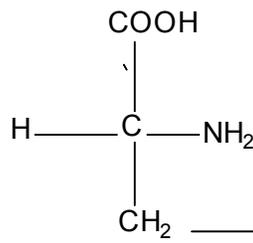
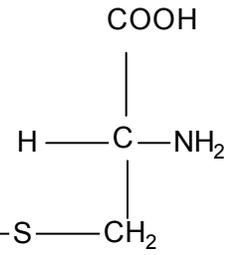
D - ALlo theronine



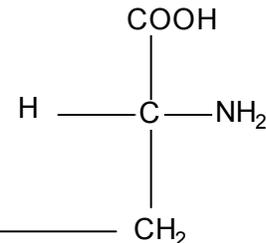
L - cystine



meso - cystine



D - cystine



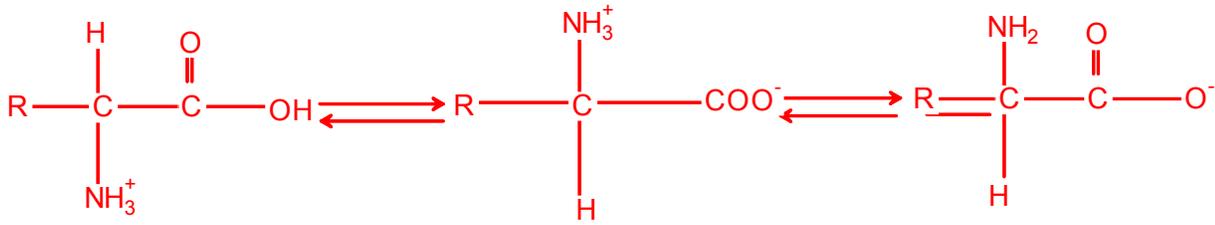
7- الخواص الحامضية والقاعدية للأحماض الامينية

تمتلك الأحماض الامينية الخواص الامفوتيرية لاحتوائها على مجاميع حامضية ومجاميع قاعدية أي أنها تتصرف كحامض أو قاعدة إضافة إلى ذلك فكل حامض اميني يمكن أن يظهر بأشكال متعددة على درجة الأس الهيدروجيني (PH) وبصورة عامة فهناك ثلاث إشكال :

أ- الشكل الانبوني Anionic form

ب- الشكل الكاتيوني Cationic form

ج- الشكل الزويتريوني Zwitterionic form



الشحنة النهائية

الشحنة النهائية (صفر)

الشكل الانبوني (-)

الشكل الكاتيوني (+)

الشكل الزويتريوني

وتصبح الشحنة الموجبة في الوسط الحامضي، أما الوسط القاعدي فتكون سالبة وفي درجة الأس الهيدروجيني الذي يولد شحنة يسمى متعادلة بـ pI يكون بشكل زويتريوني zwitterionic درجة التعادل الأيوني isoelectric point وهي تلك النقطة التي لا يجذب فيها الأيون لأي من القطبين

$$pI = \frac{PK_1 + PK_2}{2}$$

Please Register

وتتفاوت الأشكال التي ذكرناها وتعتمد على المجاميع التي تحملها هذه الأحماض وعلى ثوابت التأين لهذه

المجاميع كما هي موضحة في الجدول التالي (4,8).

ويتضح من الجدول أن لكل حامض أميني عدد من المجاميع يختلف عن غيرها حيث تتفاوت هذه المجاميع بدرجات تأينها وبالتالي فالصورة الفيزيائية لكل حامض يختلف عن الآخر.

جدول (4,8) العلاقة بين تأين المجاميع النشطة في الأحماض الامينية ودرجة الأس الهيدروجيني

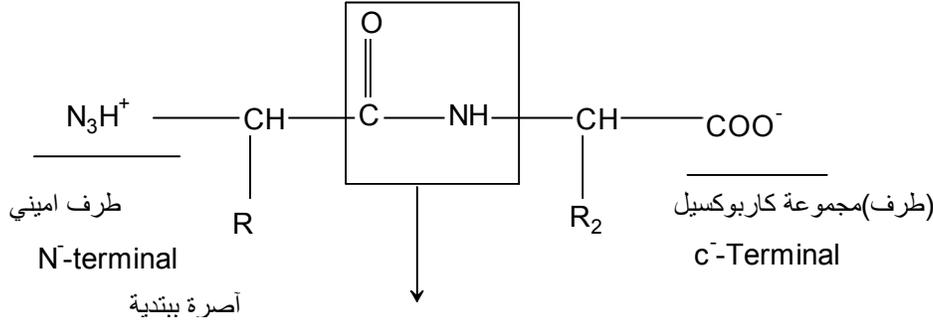
تأين المجاميع	مدى درجة الأس الهيدروجيني التي يحصل فيها تأين المجاميع
$\text{CHCOOH} \rightleftharpoons \text{CHCOO}^- + \text{H}^+$	2.6-1.7
$\begin{array}{ccc} \text{CHCOOH} & \longleftrightarrow & \text{-CHCOO}^- + \text{H}^+ \\ & & \\ \text{NH}_3 & & \text{NH} \end{array}$	10.7-8.9
$\text{CH}_2\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_2\text{COO}^- + \text{H}^+$	4.3
$\begin{array}{ccc} \text{CH}_3\text{C} - \text{N}^+ & & \\ & \searrow & \\ \text{CH} - \text{NH} & \longleftrightarrow & \text{-CH}_2 - \text{C} - \text{N}^+ \\ & & \quad \searrow \\ & & \text{CH} - \text{NH} \end{array}$	6.1
$\text{CH}_2\text{NH}_3^+ \rightleftharpoons \text{CH}_2\text{NH}_2 + \text{H}^+$	10.5
$\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{-OH} \rightleftharpoons \text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^- + \text{H}^+$	10.1
$\text{CH}_2\text{SH} \rightleftharpoons \text{-CH}_2\text{S}^- + \text{H}^+$	8.3-8.1
$\begin{array}{ccc} & \text{NH}_3^+ & \\ & // & \\ \text{-CH}_2\text{NH} & & \\ & \backslash & \\ & \text{NH}_2 & \end{array} \longleftrightarrow \begin{array}{ccc} & \text{N} & \\ & // & \\ \text{-CH}_2\text{NHC} & & \\ & \backslash & \\ & \text{NH}_2 & \end{array} + \text{H}^+$	12.5

جدول (4,9) العلاقة بين الحمض الاميني وثابت التفكك

(PK)	ثابت التفكك		الحمض الاميني	
	PK2	PK1		
	9.60	2.35	Gly	الكلايسين
	9.69	2.34	Ala	النين
	9.15	2.21	Ser	سيرين
10.28	8.18	1.96	Cys	سيسيتين
	9.21	2.28	Met	ميثايونين
	9.62	2.32	Val	فالين
	9.60	2.36	Leu	ليوسين
	9.68	2.36	Ile	ايسوليوسين
10.1	9.1	2.20	Tyr	ثايروسين
	9.39	2.8	Phe	فينيل الانين
	10.60	2.38	Trp	ترينوفان
	9.73	2.00	Pro	برولين
	9.73	2.00	Hyp	هيدروكسي برولين
	4.28	1.92	Glu	كلوتاميك
9.66	3.87	2.19	Asp	اسبارتيك
9.82	6.10	2.09	His	هستيدين
9.28	8.95	1.77	Lys	اللابسين
10.53	9.04	2.18	Arg	ارجنين
12.48	10.4	2.02	Thr	ثريونين
	9.13	2.63	Gln	كلوتامين
	8.80	2.02	Asn	اسبارجين

الببتيدات Peptides

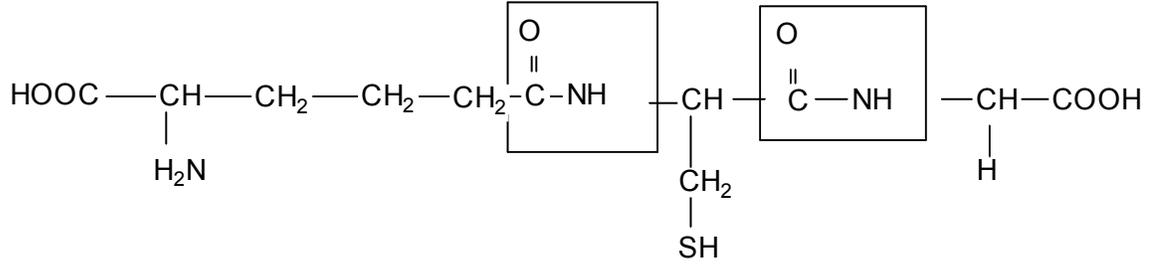
ترتبط الأحماض الامينية مع بعضها بواسطة أواصر تسمى الأواصر الببتيدية peptide bonds وهي تلك الأصرة المتكونة ما بين مجموعة الكربوكسيل للحامض الاميني الأول مع مجموعة الأمين للحامض الاميني الآخر مع طرح جزيئة ماء والأصرة الببتيدية أصرة صلدة وقوية لها خواص الأصرة التساهمية ويمكن إيضاح ذلك كما هو مبين أدناه:



أن الببتيدة المتكونة من حامضين امينين تسمى بالببتيدة الثنائية dipeptide أما المتكونة من ثلاثة أحماض امينية فتسمى Tripeptide أما المتكونة من أربعة أحماض امينية فتسمى Tetrapeptide وهكذا فإن الببتيدة المتكونة من 2-10 امينية تسمى بـ oligopeptides كما هي الحالة في الكربوهيدرات عندما يدخل في تركيبها 2-10 وحدات سكر أحادي. أما إذا كانت عدد الأحماض الداخلة في تركيب الببتيدة أكثر من (10) فتسمى في هذه الحالة poly peptides تنتهي السلسلة الببتيدية عادة من الطرف الأيسر بمجموعة أمين حرة N-terminal بينما تنتهي عند الطرف الأيمن بمجموعة كربوكسيل حرة وتسمى carboxyl terminal يطلق عادة على متعدد الببتيد الذي يحوي عادة على أكثر من 50 حامض أميني بالبروتين protein أي أن البروتين هو عبارة عن بوليمرات الأحماض الامينية polymer of amino acids .

هناك بعض الببتيدات فعالة فسيولوجيا مثل الببتيدة الثلاثية (Glutathione) والتي تتكون من الأحماض الامينية (γ glutamic -cysteine-glycine) حيث يكون وجود الكلوتاثيون ضروريا لعمل العديد من الأنزيمات وكذلك لعمل الانسولين كما يعتقد بأنه يعمل كماده مضادة للتأكسد antioxidant أما ببتيدي الـ vasopressin, oxytocin واللذان تفرزان من الفص الخلفي للغدة النخامية وتعملان كهرومونات تتكون كل منهما من ستة أحماض امينية أي أنهما oligopeptides يعمل الـ oxytocine على تقلص العضلات الملساء بينما يعمل vasopressin على تقلص الأوعية يرمز للكلوتاثيون GSH.

هناك نظام خاص يعتمد في تسمية الببتيدة حيث يستبدل الحرفان YI بدلا من الحرفين الأخيرين في اسم الحامض عدا الحامض الأخير الذي يحتفظ باسمه الاعتيادي كما هو موضح في التركيب الكيمياوي لببتيدة الكلوتاثيون .



كلوتاثيون (yglutamyl -cysteinyl - glycine)

في الببتيدات الأخرى Bradyinin والذي يتكون من تسعة أحماض امينية كذلك Gramicidine والذي يتكون من عشرة أحماض امينية ينتج من الفطر و يقوم بوظيفة المضاد الحيوي .

البروتينات proteints

تشكل البروتينات حوالي 50% من وزن الخلية الجافة وتحتوي الخلية الحية حوالي 5000 نوع من البروتينات المختلفة حيث تشارك في عمليات البناء والهدم metabolism في الخلية الحية وفي بناء أنسجة الجسم كما تعمل كإنزيمات وهرمونات معينة وكذلك كمكونات رئيسية في الدم كما تعمل كمصدر للطاقة وكذلك وسيلة دفاعية في حماية الجسم من غزو البكتريا . تصنع البروتينات بواسطة خلايا النبات من CO_2 و H_2O وذلك من خلال عملية التركيب الضوئي وعمليات أخرى لم تفهم لحد الآن ويستطيع الحيوان تكوين كميات محددة من البروتين من مصادر غير عضوية بينما يعتمد على النبات او على الحيوان آخر للحصول على غذائه من البروتين .

أن معظم البروتينات الموجودة في الطبيعة تحوي خمسة عناصر مختلفة وهي S,N,O,H,C أما العناصر الأخرى مثل الفسفور واليود والحديد فان وجودها ضروري في بروتينات متخصصة معينة مثل كازئين الحليب وان معدل النسب المئوية للعناصر الخمسة التي تدخل في تركيب البروتينات وجدت كالاتي :- كاربون 53% وأوكسجين نسبة 23% ونتروجين 16% وهيدروجين 7% وكبريت نسبة 1% .

التنظيمات البنائية التركيبية للبروتين

تمتلك جزيئات البروتين تنظيمات تركيبية معينة وهذه تشمل التركيب الأولي primary structure و التركيب الثانوي secondary structure و الثالثي tertiary structure و الرابعي Quarternary structure .

1- التركيب الأولي primary structure :- أن الأصرة الببتيدية هي الأصرة الوحيدة التي تشترك في التركيب الأولي والذي يشير إلى انتظام الأحماض الامينية في السلسلة أو لسلاسل الببتيدية التي تؤلف ذلك البروتين وبتطابق عادة تسلسل الأحماض الامينية لجزيئات أي بروتين معين في النوع الواحد من الكائنات الحية.

2- التركيب الثانوي secondary structure :- يشير هذا النوع إلى كيفية التواء وانطواء سلسلة
اوسلاسل ببتيدية للبروتينات في الحالة الطبيعية على امتداد محور واحد وان هذا الالتواء تقوم بنتييته الأواصر
الهيدروجينية والأواصر ثنائية الكبريت bonds disulfide وان التركيب الثانوي للبروتين يتمثل بالأنواع المختلفة
آلاتية :-

أ- المنحنى الحلزوني - ألفا α - helix

حيث أن هذا التركيب يتمثل في بناء البروتين الليفي المسمى α - keratin .

ب- الصفائح المسطحة pleated sheet

يتمثل هذا التركيب في بناء البروتين الليفي fibrin وهو البروتين الليفي للحرير .

ج- منحنى الحلزون الثلاثي triple helix

يتمثل هذا التركيب في بناء البروتين الليفي كولاجين حيث تلتوي ثلاث سلاسل من متعدد الببتيد حول بعضها
لتكون منحينا حلزونيا ثلاثيا .

3- التركيب الثالثي tertiary structure :- يمثل هذا التركيب الشكل الثلاثي الأبعاد للبروتين الكروي

ويتوضح في التفافات أخرى إضافة لالتفاتات البناء الثانوي وعلى امتداد أكثر من محور واحد لسلاسل متعدد
الببتيد المكونة لجزيئة البروتين .

أن الأواصر والقوى التي تحافظ على التركيب الثانوي والثالثي للبروتين هي :-

1. الأواصر الهيدروجينية Hydrogen bonds

التي تتكون من مجموعات الكربوكسيل والأمين وخاصة للأحماض الاميني ,Glu و Asp

2. الأواصر الأيونية اوماتسمى بالملحية مابين الأحماض الامينية القاعدية مثل Arg,Lys والحامضية Glu,Asp

3 . الأواصر ثنائية الكبريت Disulfide bonds

في الأحماض الامينية الكبريتيدية cystine

4.أواصر الأحماض الامينية الكارهة للماء Hydrophobic bonds

للأحماض الامينية ألكارهه للماء مثل Leu,Val,Ile ,phe

5.قوى فاندرفال Vander walles forces

وهي قوى تظهر عندما تتقارب الجزيئات بمسافة قليلة تصل إلى عدة انكسترومات (10^{-8} سم)

4- التركيب الرابعي للبروتين Quaternary structure :- يشير هذا التركيب إلى الطريقة التي تنتظم

(تتلاءم) فيها عدد من السلاسل الببتيدية مع بعضها لتكوين وحدة كبيرة لجزيئةبروتين معين فجزئية الهيموغلوبين

مثلا تتكون من أربعة سلاسل ببتيدية اثنان من نوع α واثنان من نوع β وهذه السلاسل الأربعة تنتظم مع بعضها

بطريقة معينة لتكون جزيئة هيموغلوبين كاملة .وتحافظ على هذا التركيب نفس الأواصر الموجودة في التركيب الثالثي والتي ذكرت انفا .

الدنترة (المسخ) Denaturation

هي عملية التغير في جوهر جزيئة البروتين أو تغير الحالة الطبيعية للبروتين native بحيث يتحول إلى الحالة المفككة أو المبعثرة inactive حيث تتغير الخواص الفيزيائية والبايولوجية ويحدث التغير في التركيبين الثانوي والثالثي ولا يتأثر التركيب الأولي أي السلاسل الببتيدية وتحدث هذه الحالة عندما تتعرض جزيئة البروتين في محاليتها إلى محيط حامضي أو قاعدي أو عند الرج والتحرك المستمر أو التعرض إلى درجة حرارة عالية أكثر من 50 درجة مئوية أو وجود مواد مختزلة ومنظفات ومذيبات عضوية أو التعرض للأشعة السينية والضوء أن هذه العوامل جميعا تؤدي إلى فقدان البروتين لوظيفته الحيوية وهذه العوامل تعمل على كسر أو انفلاق الأواصر الهيدروجينية والأواصر ثنائية الكبريت مما يجعل جزيئة البروتين تفقد بنائها الطبيعي . والمثال الشائع على عملية الدنترة هو البيض المسلوق والدم المتخثر

أهم التغيرات التي تطرأ على البروتين الممسوخ

1-انخفاض قابلية الذوبان

2-انفكاك طيات سلاسل متعددة الببتيد

3-سهولة التحلل بواسطة الأنزيمات

4-فقدان الفعالية البايولوجية

وبصورة عامة فان المسخ حالة غير عكسية (irreversible) وهناك حالات استثنائية مثل أنزيم Ribo nuclease حيث يسترجع تركيبة وفعاليته البايولوجية عند الـ (7) ph في درجة حرارة الغرفة ويعد المسخ مهم من الناحية الطبية والغذائية فعلى سبيل المثال تقدير أنزيم GpT,GOT وأنزيمات الدم الأخرى تتطلب الاهتمام الكامل بعملية جمعها حيث أن إهمال العينات قد يؤدي إلى مسخ البروتين والنتائج تكون خاطئه .

تصنيف البروتينات classification of proteins

يمكن تصنيف البروتينات على أساس تركيبها الكيميائي إلى :

أ.بروتينات بسيطة simple protein

ب.بروتينات مقترنة conjugated protein

والبروتينات البسيطة هي البروتينات التي عند تحللها لا تنتج إلا أحماض امينية أو مشتقاتها تشمل البروتينات البسيطة ما يلي :-

1. البروتامينات :وهي بروتينات ذات وزن جزيئي منخفض تحتوي بشكل رئيسي على الأحماض الامينية القاعدية مثل الارجنين تذوب في الماء ولا تتخثر بالحرارة من الأمثلة على هذا النوع من البروتينات هو بروتين السالمين في سمك السالمون .
 2. الهستونات :وهي بروتينات قاعدية أيضا وهي لا تحتوي على الحامض الاميني تربتوفان من الأمثلة عليها هي الهستونات النووية .
 3. الالبومينات Albumins تذوب في الماء وتتخثر بالحرارة من الأمثلة عليها مصل البومين البيض .
 4. الكلوبولينات :تكون غنية بالحامض الامينين كلوتاميك واسبارتك وتنتشر بشكل كبير في السوائل البايولوجية كالدّم والمصل وهي مثل مايوسين العضلات وكلوبيولين البيض
 5. الكلوتولينات :تكون غنية بالأحماض الامينية الكلوماتيك والارجنين والبرولين توجد بشكل خاص في الحبوب ومن الأمثلة عليها كلوتين طحين الحنطة .
 6. السكروبروتينات :هي البروتينات ذات التركيب الليفي مثل الكيراتين والكولاجين والايلاستين ب.بروتينات مقترنة conjugated protein .
- تدعى أيضا بالبروتينات غير المتجانسة وهي بروتينات تتألف من سلسلة أو سلاسل متعدد الببتيد مع مركبات ذات طبيعة كيميائية مختلفة مثل السكريات والليبيدات والمعادنالخ وتشمل الأنواع التالية :
1. الفوسفوبروتينات مثل كازئين الحليب
 2. الكلايكوبروتين :وهي بروتينات غير متجانسة تتكون من اتحاد السكر مع جزء بروتيني ومن الأمثلة عليها هي الفاكلايكوبروتين لبلازما الدم .
 3. الكروموبروتينات وتشمل الصبغات التنفسية مثل الهيموغلوبين وهيموسيانين وكذلك السايتركرومات إضافة إلى صبغة العين (رودبسين)
 4. الليبوبروتينات .
 5. البروتينات النووية .

الفصل الرابع

الليبيدات (الدهون) Lipids

هي عبارة عن مركبات عضوية غير ذاتية بالماء إلا أنها تذوب في المذيبات اللاقطبية مثل الايثر والكلوروفورم والكحول والبنزين .

تعد الليبيدات مركبات ثنائية الميل Amphiles حيث أنها تحتوي على مجموعات أيونية أي قطبية محبة للماء

Hydrophilic ومجموعات هيدروكاربونية لا قطبية غير محبة للماء Hydrophobic

تعد الليبيدات المصدر الغني بالطاقة في الخلايا الحية إضافة إلى أهميتها الغذائية أيضا لكونها تحتوي على الأحماض الدهنية الأساسية كذلك تعتبر مصدرا للهرمونات كالهرمونات الذكرية والانثوية هذا إضافة إلى أن الفيتامينات الذائبة بالدهن تعتبر من مشتقات الدهون مثل فيتامين K,E,D,A كذلك تعتبر الدهون عازلا حراريا في الجسم وخاصة في الأنسجة تحت الجلد وحول بعض الأعضاء مثل الكلى . كما أن الدهون تعد عناصر تركيبية رئيسية للأغشية الخلوية وتكون الدهون عادة مرتبطة مع مركبات أخرى مثل البروتينات والكاربوهيدرات ولا توجد بصورة حرة . وتنتشر الدهون في جميع الكائنات الحية وتكثر في البذور النباتية

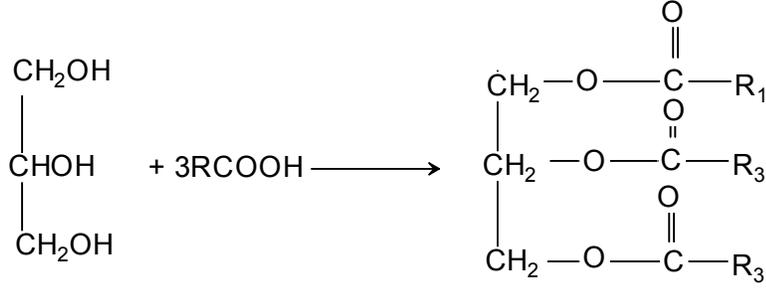
تصنيف الليبيدات Classification of Lipids

يمكن تصنيف الليبيدات (الدهون) إلى سبعة أصناف رئيسية وهي :

1. الدهون المتعادلة Natural Lipids
2. الدهون المفسفرة phospho Lipids
3. الدهون الإسفنجية sphingo Lipids
4. الدهون السكرية Glyco Lipids
5. الشموع waxes
6. مركبات الستيرويد steroids
7. التربينات terpenes

1.1. الدهون المتعادلة Neutral Lipids

أو ما يسمى بالكليسيريدات الثلاثية triglycerides وهي عبارة عن أسترات الكليسرول مع الأحماض الدهنية وتسمى أيضا بثلاثي أسيل كليسرول وذلك عندما تكون مجاميع الـ (OH) الثلاثة متاسترة مع ثلاثة أحماض دهنية وكما موضح في الشكل التالي:

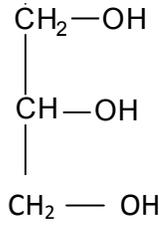


دهن متعادل Triacylglycerol Please

تشمل الدهون المتعادلة الزيوت والشحوم والتي تتواجد مخزونة في النبات والحيوان وعلى الأغلب أن الشحوم (الدهون) تكون صلبة في درجة حرارة الغرفة بينما تكون الزيوت سائلة في درجة حرارة الغرفة لكونها تحتوي على نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة لقد ورد ذكر الكليسرول و الأحماض الدهنية في الدهون المتعادلة لذا يجب أن نتعرف على الكليسرول وعلى الأحماض الدهنية بالتفصيل .

الكليسرول : Glycerol

هو عبارة عن كحول ثلاثي الهيدروكسيل يوجد في اغلب أنواع الدهون وفي جميع الزيوت ويكون سائلا زيتي القوام قابل للامتزاج بالماء والكحول وهو عديم الذوبان بالايثر حلو المذاق يتحول بتأثير حامض النتريك والكبريتيك إلى كليسرين والذي يساعد على توسيع الشرايين ويستعمل في علاج أمراض الدورة الدموية والشرايين . والشكل التالي يوضح التركيب الكيميائي للكليسرول



كليسرول

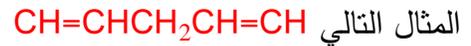
ويعتبر الكليسرول أيضا من مشتقات السكر الأحادي الالديهائيدي كليسر الديهائيدي حيث انه يعتبر سكر كحولي.

الأحماض الدهنية Fatty acids

تعد من مشتقات الدهون لأنها تدخل في اغلب أنواع الدهون تحتوي جزيئات الأحماض الدهنية على عدد زوجي من ذرات الكربون وهي عادة أحماض كربوكسيلية ذات سلسلة هايدروكربونية مستقيمة مشبعة اوغير مشبعة يعد حامض الستيريك stearic acid وحامض بالميتيك palmitic acid من أهم الأحماض الدهنية المشبعة أو ما يسمى saturated fatty acid . حيث يحتوي حامض الستيريك على (18) ذرة كربون (c18)

(ويحتوي حامض البالميتيك على (16) ذرة كاربون وهما من أهم الأحماض الدهنية المشبعة ولكوتهما يدخلان في تركيب اغلب الدهون الحيوانية والنباتية وأما الأحماض الدهنية غير المشبعة هو (unsaturated f.a) فهي المكونات المميزة للزيوت واهم أنواع الأحماض الدهنية غير المشبعة هو linolenic,linoleic,oleic ,Arachidonic حيث يحتوي الأول على أصرة مزدوجة واحدة والثاني على اصرتين مزدوجتين والثالث على ثلاثة أواصر والرابع على أربعة أواصر مزوجة وتكون عادة الأحماض الدهنية التي تحتوي على أكثر من أصرة مزدوجة مركبات حياتية وسطية للأحماض الدهنية الحلقية والتي تعرف بالبروستوكلاندينات prostaglandins وتحتوي البروستوكلاندينات على (20) ذرة كاربون بضمنها حلقة خماسية .

تكون الأحماض الدهنية غير المشبعة أما بالشكل المتناظر (cis) وهي الغالبة وبشكل متبادل (trans) وهي النادرة وان الأواصر المزدوجة لاتكون متصلة بل تكون منفصلة بمجموعة مثيلين (unconjugated) كما في

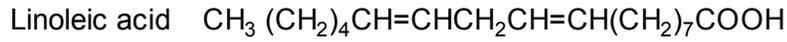
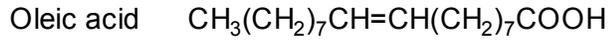
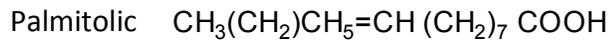


الصيغ التركيبية للأحماض الدهنية المشبعة

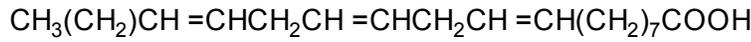
الاسم العام	الصيغة التركيبية
Acetic acid	CH_3COOH
Butyric acid	$CH_3(CH_2)_2COOH$
capric acid	$CH_3(CH_2)_4COOH$
caproic acid	$CH_3(CH_2)_6COOH$
caprylic acid	$CH_3(CH_2)_8COOH$
Lauric acid	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$
M yristic acid	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$
palmitic acid	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$
stearic acid	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
Archidic acid	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$
Behenic acid	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$

أحماض دهنية طيارة

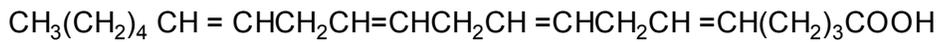
الصيغ التركيبية للأحماض الدهنية غير المشبعة



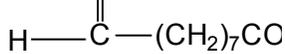
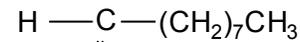
Linolenic acid



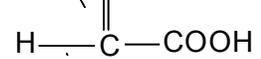
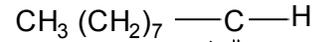
Arachidonic acid



تساهم الأواصر المزدوجة في زيادة احتمالية وجود اشكال *cis. trans* كما في المثال ادناه



oleic acid



Elaidic acid *trans*

الأحماض الدهنية غير المشبعة وعدد ذرات الكربون وعدد الأواصر المزدوجة ومواقعها

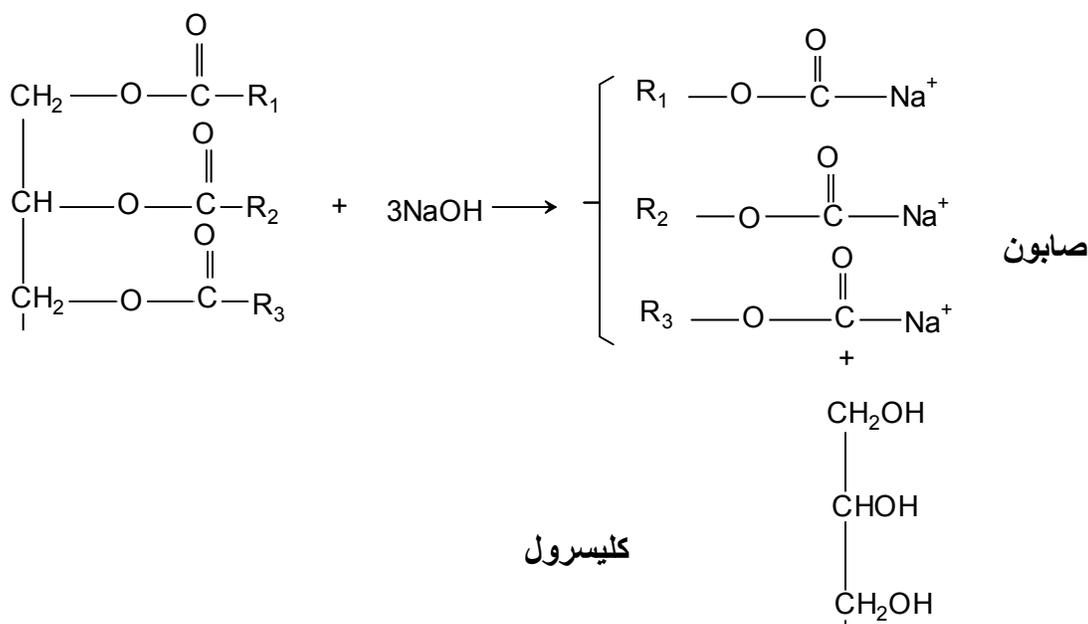
اسم الحامض الدهني	عدد ذرات الكربون	عدد الأواصر المزدوجة	مواقع الاصرة المزدوجة
Palmitoleic	16	1	Δ_9
oleic acid	18	1	Δ_9
Linoleic acid	18	2	$\Delta_{9,12}$
Linolenic acid	18	3	$\Delta_{12,15}$
Arachidonic acid	20	4	$\Delta_{5,8,11,14}$

Please Register

التفاعلات المهمة للدهون المتعادلة

1. عملية الصبونة (التصبين) saponification

يطلق على عملية تحلل الدهن المتعادل بواسطة القواعد ألى كليسرول وملح الحامض الشحمي (الدهني) بعملية الصبونة وتدعى الأملاح الناتجة بالصابون وكما موضح في التفاعل أدناه



Please Register

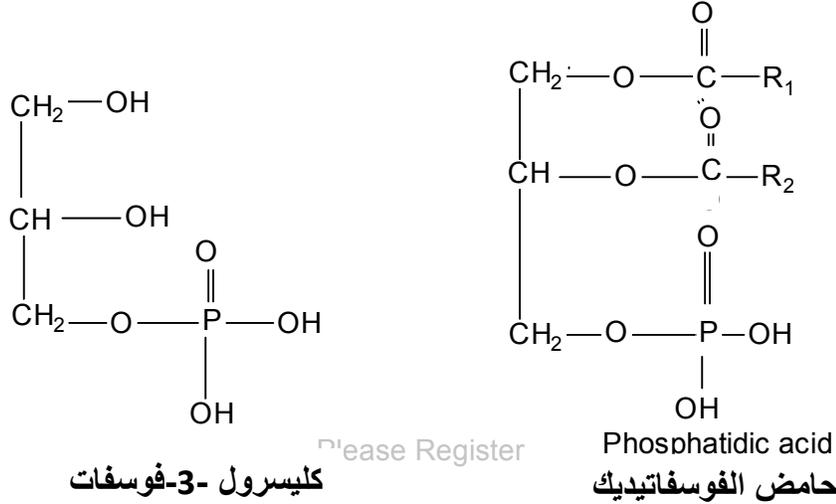
أن أملاح الحامض الدهني (الشحمي) لها صفات الليدات المستقطبة حيث أن هذه الجزيئات تكون في الماء تجمعات تسمى مذيلات (micelles) والمذيلات هي عبارة عن دقائق بحجم الدقائق الغروية تكون فيها المجاميع المستقطبة للجزيئات متجهة للسطح العلوي بينما تكون السلاسل الهيدروكاربونية (المجاميع غير المستقطبة) متجهة ألى الاسفل (الداخل).

تدعى الدهون التي تكون صابونا بالدهون القابلة للصبونة Saponifiable lipids لذا فان جميع الدهون التي تحتوي في تركيبها أحماض دهنية تكون قابلة للصبونة.

2-الدهون المفسفرة(الفوسفوليبيدات) phospho lipids

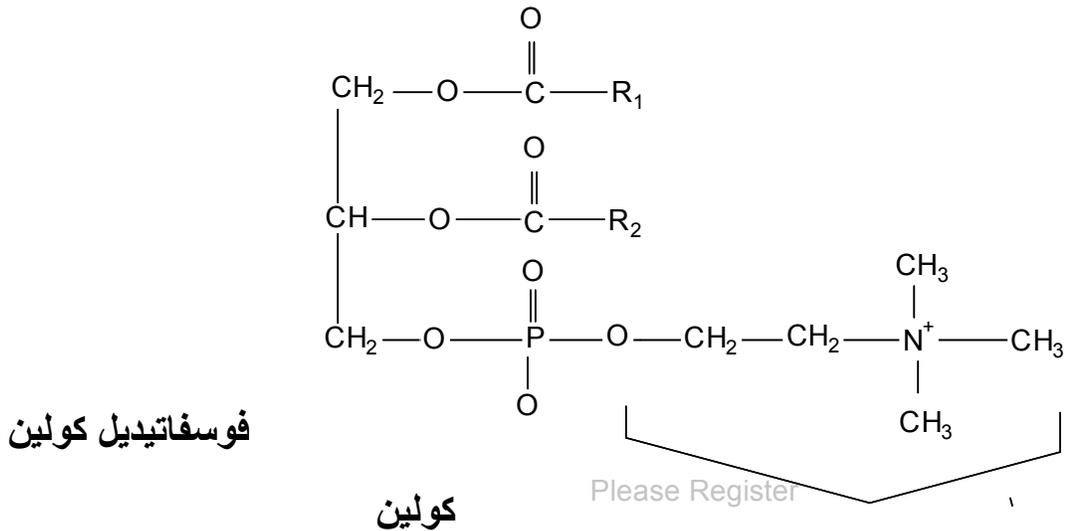
توجد الدهون المفسفرة في جميع أنواع الخلايا الحيوانية والنباتية وهي عبارة عن مركبات استر فوسفات لكليسيريدات ثنائية ويعد المركب كليسرول -3- فوسفات هو الوحدة التركيبية الأساسية لهذا النوع من الدهون

حيث تتاستر جزيئتان من الحامض الدهني المشبع أو غير المشبع مع كليسرول -3- فوسفات لنتنتج أحماضا فوسفاتيديية phosphatidic acids تدخل الدهون المفسفرة في تركيب أغشية الخلية وفي تركيب البروتين الدهني لبلازما الدم وتستخدم الدهون المفسفرة كمكونات تركيبية ولا تخزن في أنسجة الجسم بكميات عالية.



أنواع الدهون المفسفرة :-

مركبات فوسفاتيديل كولين phosphatidyl choline أو ما يسمى ليسثين (Lecithines) هي عبارة عن مركبات استر كولين مع حامض الفوسفوريك لنتنتج مركبات فوسفاتيديك كولين أو يسمى بالليسيثين. تعد الليسيثينات من المكونات الدهنية للدماغ والأنسجة العصبية كما أنها تعتبر مكونات أساسية لمادة البروتوبلازم لجميع خلايا الجسم كما يعد فوسفاتيديك كولين مركبا لخزن الكولين في الدماغ .يوجد بكثرة في صفار البيض ويدخل أيضا في تركيب البروتينات الدهنية وخصوصا الكيلومايكرون chylomicrones

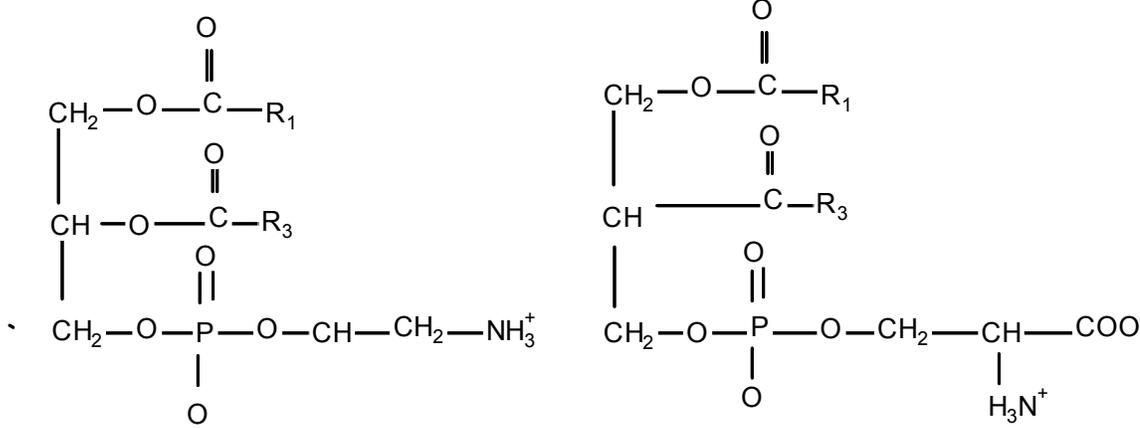


2- مركبات فوسفا تيديل ايثانول امين (سيفالين)

توجد هذه المركبات في أنسجة الدماغ وتكون ممتزجة مع مركبات فوسفاتيديك سيرين وتشارك هذه المركبات في عملية تخثر الدم (Blood coagulation) وتوجد في أنسجة الدماغ والأنسجة العصبية .

3- فوسفاتيديل سيرين كذلك يوجد بكثرة في الأنسجة العصبية والدماغية .

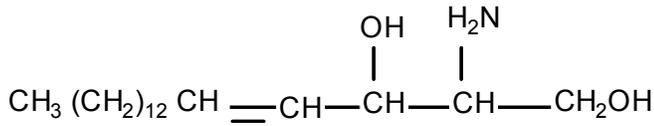
4- فوسفاتيديل انبوسيتول وهو كذلك يوجد بكثرة في الأنسجة العصبية والدماغية .



فوسفا تيديل ايثانول امين

فوسفا تيديل سيرين

5- الليبيدات الاسفنجية Sphingo lipids : سميت هذه المركبات بهذا الاسم وذلك لاحتوائها على المركب المسمى (سفنجوسين) أو احد مشتقاته توجد السفنجوليبيدات في أغشية الخلايا الحيوانية والنباتية .

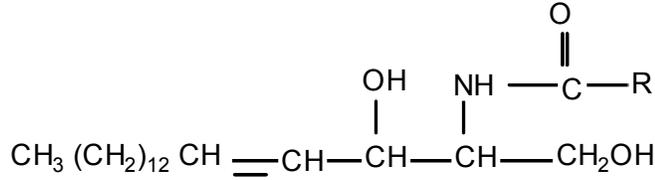


كحول أحادي غير مشبع

إيثانول أمين

(التركيب الكيميائي للسفنجوسين)

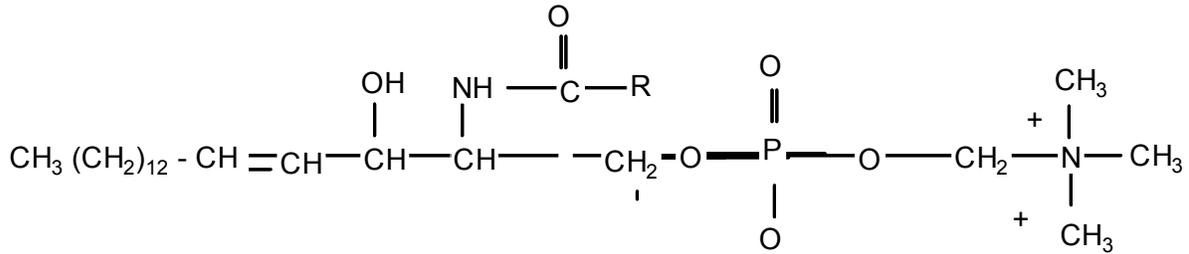
من أهم السفنجوليبيدات هي مركبات السيراميد حيث يتكون من حامض دهني مرتبط مع سفنجوسين يعمل السيراميد كمركب وسطي في تكوين أنواع أخرى من الليبيدات الإسفنجية وتحتوي جميع الدهون الإسفنجية على وحدة سيراميد .



سيراميد

مركبات السفنجومايلين Sphingomyelins

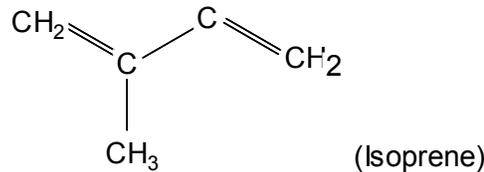
تتكون من ارتباط وحدة السيراميد مع فوسفات الكولين وتعد هذه المركبات مكونات مهمة لغلاف (المايلين) المحيط بالألياف العصبية كما تعد من المكونات الأساسية لبروتوبلازم الخلية توجد بكثرة في صفار البيض والدماغ والكبد والكليتين تعد مركبات السفنجومايلين أكثر ثباتا واستقرارا في تركيب الخلية من الدهون المفسفرة.

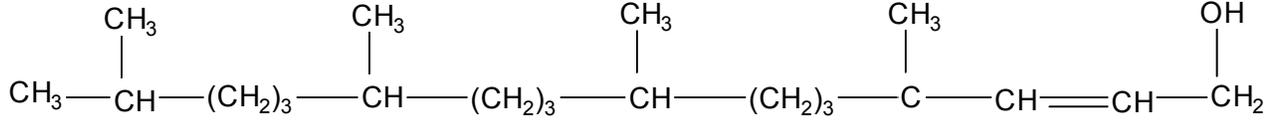


سفنجومايلين

4-الترينينات Terpenes

هناك علاقة بين هذه الدهون ومركبات الايسوبرين Isoprene والحاوية على خمس ذرات كاربون حيث أن هذه الدهون تحتوي على مضاعفات الايسوبرين (مضاعفات الخمسة وتشتمل الترينينات على مركبات Citral و pinene والكافور والسكوالين وجيرانويل وفارنيسول كذلك تشتمل على الأحماض الراتنجية والمطاط وصبغات نباتية مثل الكاروتين وفيتامين A والسكوالين. كذلك الفايترول وهو الجزء الكحولي الذي نحصل عليه عند تحلل الكلوروفيل .

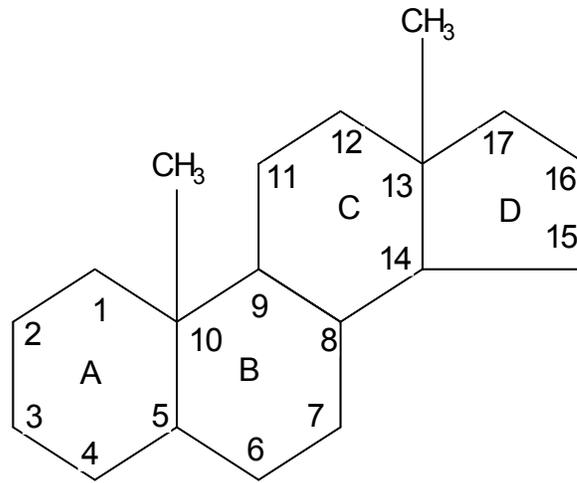




Phytol

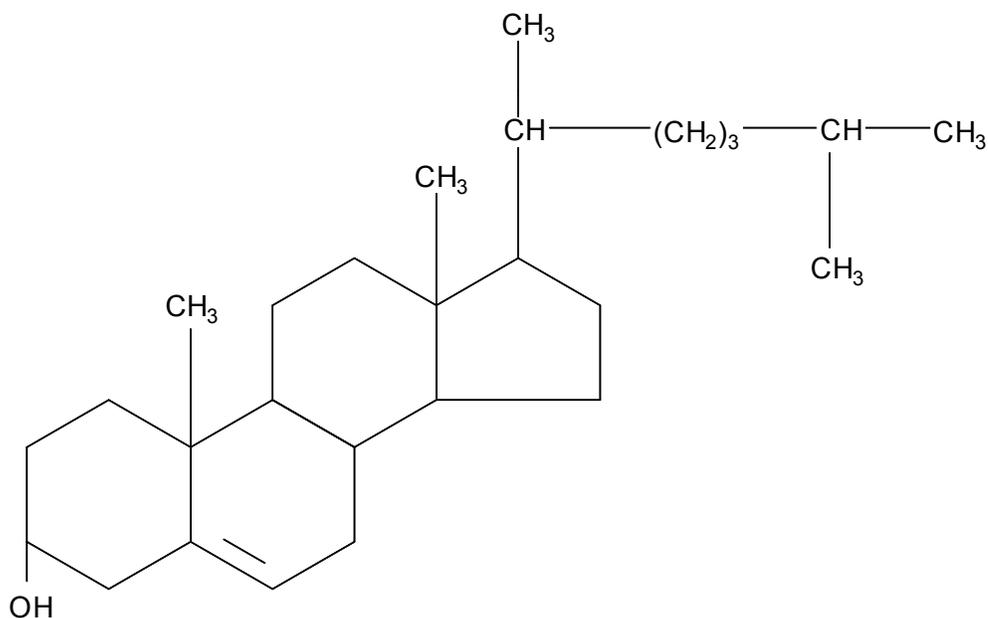
5-الستيرويدات Steroids

تتألف الستيرويدات من نواة الستيرويد والتي هي عبارة عن ثلاثة حلقات سداسية A,B,C مندمجة مع بعضها يطلق عليها Phenanthrene متصلة بها حلقة خماسية (D). من الستيرويدات المهمة التي توجد في الطبيعة هي أحماض الصفراء Bile acids والهرمونات الجنسية الذكرية والانثوية وهرمونات الادرينالين .



التركيب الكيميائي لنواة الستيرويد

يوجد هذا النوع من الستيرويدات بكميات قليلة جدا في الخلايا إلا أن احد أصناف الستيرويدات المسمى Steroles يوجد بكميات كبيرة جدا. تحتوي الستيروولات على مجموعة كحولية هيدروكسيلية تتصل بذرة الكربون الثالثة وتحتوي أيضا على سلسلة متشعبة اليفاتية تتكون من 8-10 ذرات كربون تتصل بذرة الكربون رقم (17) يعد الكولستيرول من أكثر الستيروولات وجودا في الأنسجة الحيوانية ويوجد أما بصورة حرة Free أو مرتبطة Conjugated والكولستيرول هو المركب الوسطي في جميع تكوين الهرمونات الستيرويدية ويوجد بتركيز عالي في الدماغ ويرتبط معظم الكولستيرول في الدم مع أحماض دهنية غير مشبعة عند ذرة الكربون رقم (3) التي تقع عليها مجموعة الهيدروكسيل ويمكن توضيح التركيب الكيميائي للكولستيرول كما هو مبين في أدناه :



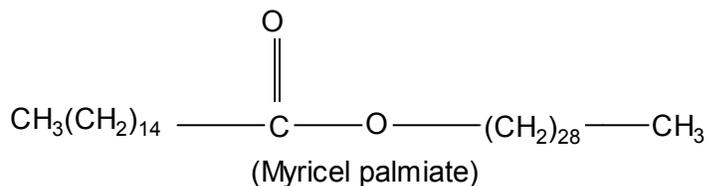
Cholesterol (كولسترول)

يعتبر فيتامين (D) احد مشتقات الدهون الستيرويدية وكذلك الهرمونات الجنسية وأملاح الصفراء.

6- الشموع Waxes

تعد الشموع مركبات لأحماض دهنية وكحولات أحادية الهيدروكسيل وذات سلسلة هايدروكاربونية طويلة والشموع موجودة في الطبيعة بشكل مزيج من اللبيدات تغطي سطح الجلد و أوراق النباتات وكذلك فهي موجودة في كيوثكل الهيكل الخارجي لعدة أنواع من الحشرات .

المواد الشمعية الطبيعية كشمع العسل مثلا تحتوي إضافة إلى ذلك على مركبات أخرى كالبارافينات ويعد المركب مايرسيل بالمتيت myricel palmitate احد المركبات الشمعية التي تدخل في تركيب الخلايا السداسية لعسل النحل كما يكون المركب lanolin المادة الشمعية التي تغطي شعيرات الصوف .



الفصل الخامس

Enzymes الأنزيمات

هي عبارة عن عوامل مساعدة بايولوجية أساس تكوينها البروتين تقوم بزيادة سرعة التفاعلات الكيمياوية داخل الخلية الحية دون أن تؤثر على ثابت التعادل (التوازن) أو ما يسمى بـ $equilibrium\ constant$ كذلك فهي لا تتغير أو تستهلك خلال التفاعلات المختلفة وقد تعرف الأنزيمات بصورة مختصرة بأنها بروتينات متخصصة $Specific\ proteins$ أن الأنزيم لا يخلق التفاعل من العدم بل انه يزيد من سرعة مئات المرات وعند انتهاء التفاعل يبقى الأنزيم كما هو أي لا يتغير وبذلك يستطيع أن يكرر عمله عدة مرات .

يعتبر الأنزيم $Carbonic\ anhydrase$ من أسرع الأنزيمات لحد الآن حيث انه يقوم بتحويل (تمية) ثاني اوكسيد الكربون CO_2 في الدم إلى حامض الكربونيك H_2CO_3 carbonic acid حيث تتمكن كل جزيئة أنزيم من تمية (تحويل) 10^5 جزيئة CO_2 في الثانية الواحدة وتقدر سرعة هذا التفاعل بوجود الأنزيم بـ 10^7 مرة مقارنة مع حالة عدم وجود الأنزيم . أن الأنزيم الكامل يتكون من جزيئين وهما:



جزء غير بروتيني جزء بروتيني أنزيم كامل
(مرافق أنزيمي)

قد يكون المرافق الأنزيمي ايون معدني $metal\ ion$ أو قد يكون جزيئة عضوية $organic\ molecule$ مثل NAD أو FAD أو TPP في حالة التفاعل يكون هذان الجزئان ملتصقان أما خارج التفاعل فيكونان منفصلان عن بعضهما . هناك بعض الأنزيمات تتكون من جزء بروتيني فقط مثل الأنزيمات الهاضمة كالبيسين والتريسين . قد يرتبط المرافق الأنزيمي بقوة مع الأنزيم ويسمى في هذه الحالة بـ $prosthetic\ group$ أو قد يرتبط بارتخاء قد يشتق اسم الأنزيم من اسم المادة الأساس التي يعمل عليها مثل أنزيم $urease$ الذي يعمل على مادة اليوريا أو $Amylase$ والذي يعمل على مادة الاميلوز $Amylose$ أي ينتهي اسم الأنزيم بالمقطع (ase) وأحيانا ينتهي بالمقطع (in) مثل أنزيم $chymotrypsin, pepsin, trypsin$ وفي هذه الحالة لانستدل على اسم المادة الأساس من خلال اسم الأنزيم . يمكن أيضا اشتقاق اسم الأنزيم من خلال التفاعل الذي يشترك به كأن يكون تفاعل أكسدة او تفاعل اختزال او تفاعل تمييه الخ .

أن المادة التي يعمل عليها الأنزيم خلال التفاعل تسمى بالمادة الأساس substrate او تسمى بمادة التفاعل او المادة الخاضعة وتكون عادة ذات حجم اصغر بكثير من حجم جزيئة الأنزيم وترتبط المادة الأساس مع الأنزيم اثناء التفاعل من خلال مواقع معينة موجودة على سطح جزيئة الأنزيم تسمى بالمواقع الفعالة active sites او تسمى بالمواقع التحفيزية catalytic sites والمواقع الفعالة عادة تكون مراكز نشطة وفعالة تتكون من حامض اميني معين او عدة أحماض امينية بحيث يكون جزء من جزيئة الأنزيم متمما ومشابها لشكل المادة الأساس بحيث عندما ترتبط جزيئة المادة الأساس مع جزيئة الأنزيم خلال التفاعل فأنها ترتبط بطريقة تشبه الطريقة التي يرتبط بها المفتاح مع القفل مما اصطلح على هذا الارتباط بفرضية اونظرية القفل والمفتاح .

LOCK and key THEORY



Enzymes classification تصنيف الأنزيمات

أن التسمية النظامية للأنزيمات والتي وضعت حسب توصيات الاتحاد العالمي للكيميائيين عام (1972) هو نظام (IUB) يشتمل على مايلي International united Biochemists يشتمل على مايلي:

1-أنزيمات الأكسدة والاختزال Oxido-reductases وهي جميع الأنزيمات التي تعمل على تفاعلات الأكسدة والاختزال مثل أنزيم Alcohol dehydrogenase .

2-الأنزيمات الناقلة Transferases وهي تشمل جميع الأنزيمات الناقلة لمجاميع كيميائية أثناء التفاعل مثل نقل المجاميع الامينية والكاربوكسيلية أو مجاميع مثيلية الخ، مثل transaminase .

3-الأنزيمات المميئة Hydrolases وهي تشمل جميع الأنزيمات التي تعمل على تفاعلات التحلل المائي مثل الأنزيمات الهاضمة كالاميليز Amylase, Protease, و peptidase

4-الأنزيمات الفاصلة بدون تميؤ Lyases: وهي الأنزيمات التي تشترك في تفاعلات حذف مجاميع كيميائية بدون تميؤ حيث تزيح مجموعة من مادة أساس لتكوين أصرة ثنائية أو قد تضيف مجموعة إلى الأصرة الثنائية للمادة الأساس لتكوين أصرة منفردة وتعمل هذه الأنزيمات على الأواصر C-O, C-S, C-N, C-C مثل أنزيم Pyruvate decarboxylase .

5- الأنزيمات المناظرة Isomerases: تشمل على جميع الأنزيمات التي تعمل على تغير احد متناضرات مركب إلى مركب مناظر له مثل أنزيمات Cis-trans isomerases وأنزيمات Epimerases .

6- الأنزيمات المكونة (المخلقة) Ligases: وهي الأنزيمات التي تحفز عملية ربط جزيئين كل منهما بالآخر وتفتقرن هذه العملية بانشطار أصرة بايروفوسفات لجزيئة ال-ATP من الامثلة على هذا النوع هو RNA ligase .

التخصص الأنزيمي Enzyme specificity

تمتلك الأنزيمات درجة عالية من التخصص في التفاعلات التي تساعد فيها وهناك ثلاثة أنواع رئيسية في التخصص الأنزيمي وهي :

1- تخصص المجموعة Group specificity: في هذه الحالة تعمل الأنزيمات على عدد مختلف من مواد الأساس والتي تمتلك خواص تركيبية مشتركة مثل أنزيم Hexokinase والذي ينقل مجموعة فوسفاتية من ال-ATP إلى جميع السكريات الأحادية سداسية الكاربون.

2- التخصص المطلق absolute specificity: في هذه الحالة يعمل الأنزيم على مادة أساس واحدة ولا يعمل على أي مادة أساس أخرى حتى وان كانت هذه المادة مشابهة للمادة الأصلية التي يعمل عليها مثل أنزيم Glucokinase والذي يساعد في نقل مجموعة فوسفاتية من ال-ATP إلى الكلوكوز فقط .

3- التخصص الجسم stereo specificity:- أي انه إذا كانت المادة الأساس على شكل صيغتين مجسمتين الاانهما كيميائيا متشابهتان بحيث يختلفان فقط في ترتيب الذرات فالأنزيم من هذا النوع يقوم بتحليل صيغة مجسمة واحدة للمادة الأساس فمثلا L-amino OXidase يقوم بأكسدة الأحماض الامينية من نوع L فقط بينما يقوم D-amino oxidase بأكسدة الأحماض الامينية نوع D .

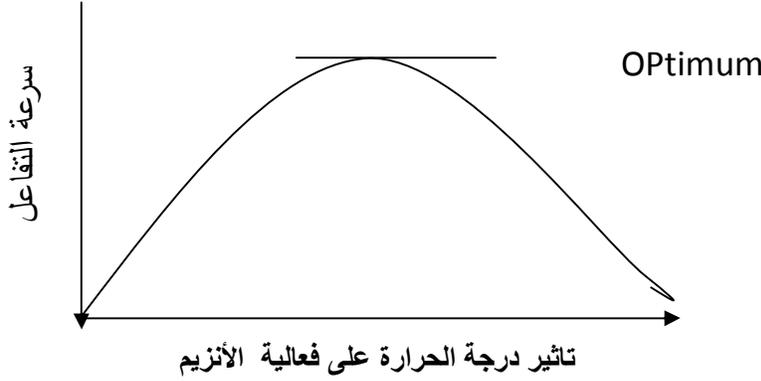
العوامل التي تؤثر على فعالية (سرعة) الأنزيم

هناك أربعة عوامل رئيسية تؤثر على فعالية الأنزيم وهي :-

- 1- درجة الحرارة Temperature.
- 2- درجة الأس الهيدروجيني PH.
- 3- تركيز المادة الأساس substrate concentration.
- 4- تركيز الأنزيم enzyme concentration.

1. ارتفاع درجة الحرارة :-

إن ارتفاع درجة الحرارة يزيد من فعالية الأنزيم بشرط أن لا يزيد هذا الارتفاع إلى الحد الذي يؤدي إلى مسخ الأنزيم (دنتره الأنزيم) حيث أن ارتفاع درجة الحرارة يعمل على زيادة الطاقة الحركية لجزيئة الأنزيم وبالتالي إلى زيادة الاحتكاك بين الأنزيم والمادة الأساس وان زيادة درجة الحرارة عن 50 مئوية بصورة عامة تؤدي إلى فقدان الأنزيم لخواصه الطبيعية وبالتالي يترسب فاقتدا فعالية البايولوجية .



تأثير تركيز المادة الأساس

عند زيادة تركيز المادة الأساس فان سرعة التفاعل الأنزيمي تزداد إلى الحد الذي لا يحدث بعده أي زيادة في هذه السرعة بحيث تبقى سرعة التفاعل ثابتة مهما زاد تركيز المادة الأساس وعند هذه النقطة يطلق على سرعة التفاعل بالسرعة القصوى (Maximum Velocity) (V_{max}) حيث تكون جزيئة الأنزيم مشبعة بالمادة الأساس بحيث تنخفض سرعة التفاعل الأنزيمي بعد هذه النقطة عند زيادة تركيز المادة الأساس وقد افترض ميكليس - مينتين معادلة بذلك كما هو موضح أدناه:

حيث أن السرعة الابتدائية V_0

السرعة القصوى V_{max}

تركيز المادة الأساس S

ثابت ميكليس - مينتين K_m وهو قيمة تركيز المادة الأساس عند نصف السرعة القصوى

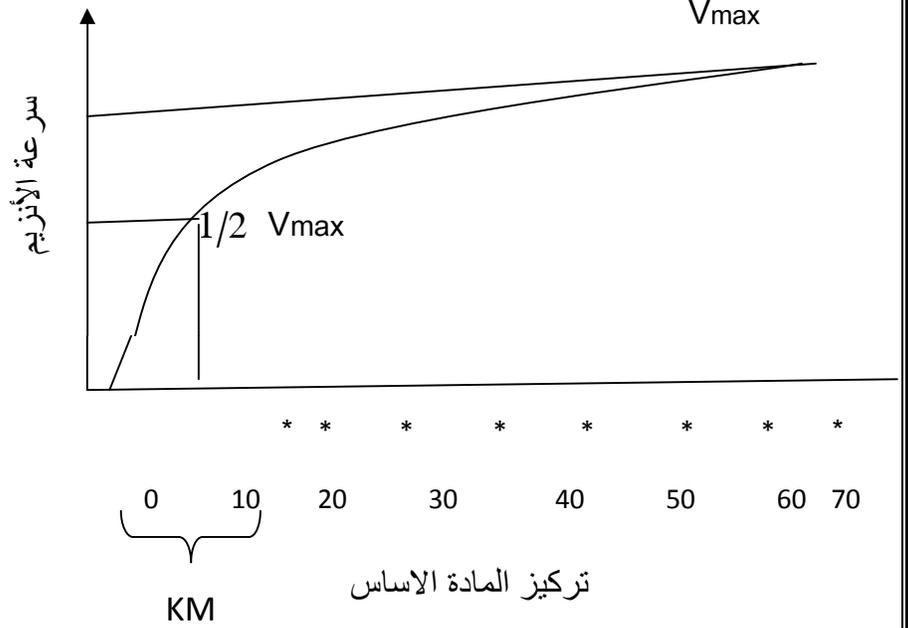
$$V_0 = \frac{1}{2} V_{MAX}$$

$$V_0 = \frac{V_{max} \times S}{k_m + S}$$

إذا كانت $K_m = S$ فان:

$$V_0 = \frac{V_{max} \times S}{S + S}$$

$$V_0 = \frac{V_{max} \times S}{2S}$$



2. تركيز الأنزيم :-

عند زيادة تركيز جزيئات الأنزيم مع ثبات تركيز المادة الأساس فان ذلك يؤدي في البداية إلى زيادة سرعة التفاعل الأنزيمي إلى أن يصل إلى سرعته القصوى كما ذكرنا سابقا وبعد الوصول إلى هذه النقطة سوف تنخفض سرعة التفاعل .

3. تأثير درجة الأس الهيدروجيني PH

بما أن الأنزيمات هي عبارة عن مواد بروتينية فان أي تغير في الـ PH سوف يؤثر تأثيرا كبيرا على الصفات الأيونية للمجاميع الامينية والكاربوكسيلية الموجودة في جزيئة البروتين وبالتالي سوف تؤثر على الموقع الفعالة للأنزيم وكذلك على هيئته وشكله إضافة إلى القيم العالية أو الواطئة نوعا ما من الـ PH سوف تؤدي إلى تغير الحالة الطبيعية للبروتين Denaturation ومن ثم إلى الإقلال من فعالية الأنزيم وان لكل أنزيم PH مثالي optimum يعمل فيه ذلك الأنزيم بطاقته القصوى كما موضح في الأمثلة التالية :-

PH	اسم الأنزيم
1.5	Pepsin
7.7	Trypsin
9.7	Arginase

التصنيف النظامي للأنزيمات

1. أنزيمات موكسدة - مختزلة Oxido-reductases

1,1 تعمل على أكسدة CHOH

1,2 تعمل على أكسدة C=O

1,3 تعمل على أكسدة CH=CH

1,4 تعمل على أكسدة CH= NH₂

2. أنزيمات ناقلة transferases

2,1 تنقل مجاميع ذرة كربون واحدة

2,2 تنقل مجاميع الديهايدية أو كيتونية

2,3 تنقل مجاميع اسيلية

2,4 تنقل مجاميع كلايكو سيلية

3. أنزيمات ممينة Hydrolases

3,1 تعمل على تمى للاستر

3,2 تعمل على تمى الأواصر الكلايكو سيلية

3,3 تعمل على تمى الأواصر البيبتيدية

3,4 تعمل على تمى الأواصر C-N

4. أنزيمات فاصلة بدون تمى الأصرة Lyases

4,1 تعمل على الأصرة C-C

4,2 تعمل على الأصرة C-O C-O

4,3 تعمل على الأصرة C-N

5. أنزيمات مناظرة Isomerases

5,1 Racemases

5,1 cis-trans isomerases

6. أنزيمات مخلقة Ligases

6,1 تعمل على الأصرة C-O

6,2 تعمل على الأصرة C-S

6,3 تعمل على الأصرة C-N

6,4 تعمل على الأصرة C-C

أن الاسم النظامي لأي أنزيم يتكون من أربعة أرقام حيث يشير الرقم الأول من اليسار إلى احد الأصناف الرئيسية الستة السابقة أما الرقم الثاني يشير إلى الصنف الثانوي sub -Glass, أما الرقم الثالث فيشير إلى الصنف تحت الثانوي sub-sub-Glass أما الرقم الرابع والأخير فهو مجرد رقم تسلسلي للأنزيم ويسبق الاسم النظامي لكل أنزيم عادة الاختصار E-C .

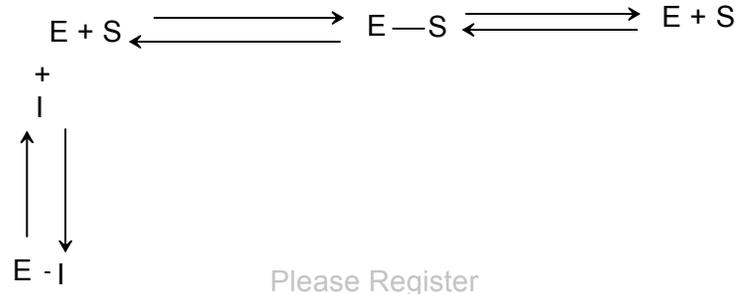
التثبيط الأنزيمي Enzyme inhibition

هي العملية التي يتم فيها أعاقه عمل الأنزيم نتيجة لمؤثرات خارجية فيزيائية او كيميائية وهناك نوعان رئيسيان من أنواع التثبيط وهما :-

1. التثبيط التنافسي competitive inhibition

يحصل هذا النوع من التثبيط نتيجة لتنافس كل من المادة الأساس substrate والمادة المثبطة inhibitor على الارتباط بالمواقع الفعالة active sites وبالامكان التغلب على هذا النوع من التثبيط بزيادة تركيز المادة الأساس في محيط التفاعل وتعتمد درجة التثبيط في هذا النوع على تركيز كل من المادة المثبطة والمادة الأساس وعلى الألفة النسبية relative affinity .

في التثبيط التنافسي يتحد الأنزيم E مع المثبط I بصورة عكسية لينتج عنه مركب معقد والذي يتنافس مع المركب المعقد E-S بحيث تتغير قيمة KM ولكن لا تتغير السرعة القصوى .



2. التثبيط اللاتنافسي un competitive inhibition

لا يمكن التغلب على هذا النوع من التثبيط بزيادة تركيز المادة الأساس إذ يرتبط المثبط بصورة غير عكسية بموقع ما على سطح الأنزيم وليس بالموقع الفعال لذا لا يمكن التغلب على المادة المثبطة بزيادة تركيز المادة الأساس ويعتمد التثبيط اللاتنافسي على تركيز المادة المثبطة والألفة الموجودة بين المادة المثبطة و الأنزيم وتبقى قيمة k_m ثابتة ولا تتغير في هذا النوع من التثبيط بينما لا تصل سرعة التفاعل إلى السرعة القصوى .

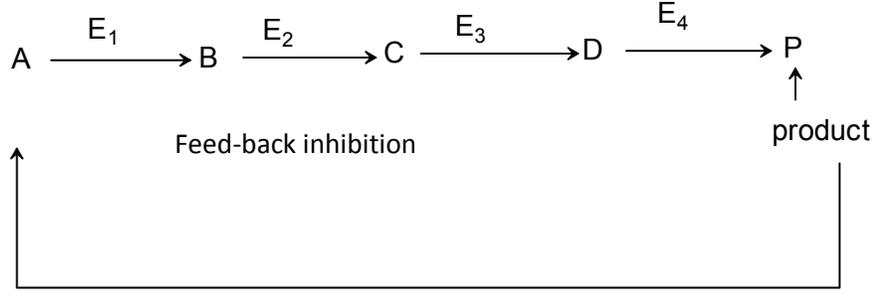
الأنزيمات الالوستيرية Allosteric enzymes :-

تعني كلمة allosteric (الموقع) أو الطرف الآخر another site وللأنزيمات الالوستيرية طرف أو موقع آخر منظم يختلف عن الطرف المحفز ترتبط فيه المواد المؤثرة أو المعدلة modulators وتتكون عادة أصرة تساهمية بين المادة المؤثرة و الأنزيم .

أن المؤثر أو المحفز الموجب stimulatory هو مركب يعزز اقتران المادة الأساس بالأنزيم بينما المؤثر السالب negative effectors هو المركب الذي يقلل من اقتران المادة الأساس بالأنزيم حيث أن اقتران المؤثرات بالطرف (الموقع) المنظم يغير خواص الموقع الفعال للاقتران بالمادة الأساس .

تعمل الأنزيمات في معظم الخلايا على شكل سلاسل متتالية تسمى أنظمة متعدد الأنزيم multi enzyme system حيث يكون فيها ناتج الأنزيم الأول مادة أساس للأنزيم الذي يليه وهكذا وغالبا ما تقع الأنزيمات الالوستيرية في الخطوة الأولى أو في بداية المسار الطويل للعملية الايضية حيث يعمل الناتج النهائي للمسار مؤثرا سالبا للأنزيم المنظم وهذا ما يدعى بتثبيط الناتج النهائي أو تثبيط التغذية المرتدة والذي يسمى بـ feed - back inhibition مثل أنزيم ATC Aspartate transcarbamyase وتثبيط التغذية المرتدة هو أن الأنزيم

يثبط بناتج التفاعل

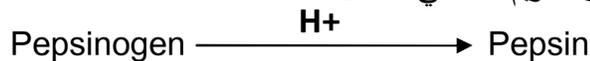


أهمية الأنزيمات :-

للأنزيمات أهمية كبيرة في التشخيصات السريرية حيث أن مصل الإنسان يحتوي على عدد من الأنزيمات ذات الفعالية الثابتة والمحددة في الحالات الطبيعية. أما في حالات المرض فقط لوحظ زيادة أو نقصان في فعالية هذه الأنزيمات مما يعطي دلالة على بعض الأمراض ومن هذه الأنزيمات أنزيم Lipase والاميليز Amylase والفسفاتيز الحامضي و (GOT), (GPT) والذي هو (GPT) Glutamate pyruvic transaminase اما (GOT) فهو Glutamate Oxallo Transferase وللأنزيمات أيضا استعمالات تطبيقية في الصناعة فان فعالية بعض الأنزيمات تعطي دلالة على كفاءة المعاملة الحرارية التي تعرضت لها المادة الغذائية وتستخدم كذلك لتقدير درجة التلوث البكتيري للأغذية بالكشف عن الأنزيمات الميكروبية التي تتوافر عادة في الحليب وبالامكان أيضا استعمال الفحص الأنزيمي للتعرف فيما إذا كانت المنتجات النباتية المخزونة صالحة للاستخدام الغذائي وهناك استعمالات أخرى عديدة في الصناعات الغذائية والمشروبات الغازية و الأدوية والمبيدات الزراعية .

الأشكال الفعالة وغير الفعالة للأنزيمات :-

تطرح بعض الأنزيمات في مختلف الأجهزة الحياتية بشكل غير فعال يسمى بـ proenzyme أو zymogen ويتحول إلى أشكالها النشطة بفعل أنزيمات أخرى أو مواد عضوية فمثلا يقوم الأنزيم Entrokinase بتحويل (trypsinogen) إلى Trypsin نشط كما تقوم كبريتات الامونيوم أو المنغسيوم بهذا الدور أيضا كما يتحول Pepsinogen إلى pepsin بفعل HCL الموجود في المعدة وهناك فوائد عملية لوجود الشكل غير الفعال للأنزيم فمثلا يوجد الأنزيم الخامل prothrombin في الدم بهذا الشكل وعند حدوث جرح تتكسر الصفائح الدموية وتحرر الأنزيم Thrombokinase الذي ينشط بوجود ايونات الكالسيوم ويحول الأنزيم الخامل prothrombin إلى Thrombin والذي يحول Fibrinogen إلى Fibrin والذي يترسب على شكل خيوط بيضاء متقاطعة تضم بينها كريات الدم الحمراء وتسمى بالجلطة Clotting كما يمكن أن يكون التحول من الشكل غير الفعال إلى الفعال بواسطة ايون الهيدروجين أو بوجود أنزيم كما في المثال.



الفيتامينات Vitamins

كان يعتقد سابقا بان الفيتامينات هي مركبات عضوية تشبه المركبات الامينية من ناحية الخصائص الكيماوية لذا سميت بالبداية Vitamines وتتكون من مقطعين وهي Vita و amines أي الأمينات الحيوية ولكن فيما بعد حذف المقطع الأخير (e) لتصبح كلمة vitamins وليس vitamines وهي الصحيحة حيث اكتشف فيما بعد هو انه ليست جميع الفيتامينات هي مركبات امينية وسبب اعتقاد العلماء بان الفيتامينات مركبات امينية لان أول فيتامين اكتشف هو فيتامين B1 الحاوي على مجموعة امينية.

أن الفيتامينات هي عبارة عن مركبات عضوية معقدة التركيب تحتاجها الخلية الحية بكميات قليلة جدا لأغراض النمو الطبيعي والتكاثر ولا تستطيع بعض الكائنات الحية في بنائها كخنزير غينيا والإنسان وتظهر حالات نقص الفيتامينات في الأشخاص الذين لا يحصلون على غذاء متوازن أن حاجة الأشخاص إلى الفيتامينات تختلف نسبيا من إنسان إلى آخر ولكن الجسم بصورة عامة يحتاج إلى معدل ثابت من الفيتامينات ويوميا وتسمى القيمة اليومية (Daily Value) فمثلا القيمة اليومية من فيتامين C تقدر بـ 60 ملغم لذا فان أقراص فيتامين C التي يكتب عليها 50% تعني أنها 30 ملغم لا تعرف الوظائف الدقيقة لأغلب الفيتامينات لكن نعتقد بأنها تقوم بوظيفة الأنزيمات المساعدة Coenzymes وخاصة الفيتامينات الذائبة بالماء ويمكن أن يطلق مصطلح (essential dietary) على الفيتامين أي معناه العامل الأساسي للغذاء يمكن تقسيم الفيتامينات إلى :

أ- فيتامينات ذائبة بالماء water _soluble vitamins وهي مثل :

1- (B1)Thiamine

2- Riboflavin (B2)

3- Nilacin (B3)

4- Pantothenic (B4)

5- Pyridoxine (B6) أو Pyridoxal

6- Biotin (B7)

7- حامض الفوليك (B8) Folic acid

8- (B12) Cyano cobalamine

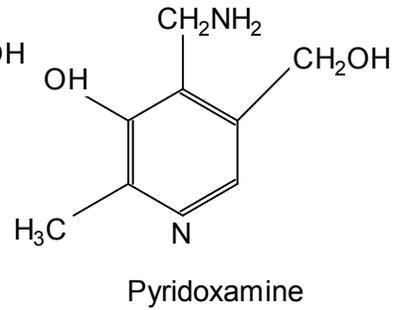
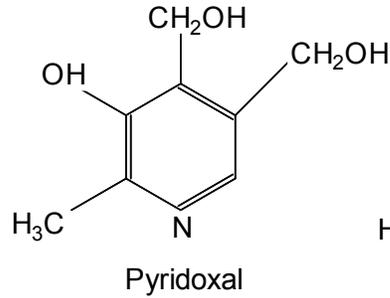
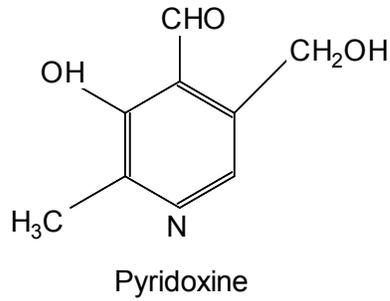
وجميع هذه الفيتامينات هي من مجموعة B أو ما يسمى B-complex حيث أنها تشترك بصفة الذوبان في الجزء المائي المستخلص من الحليب كما إن أعراض نقصها في الإنسان متشابهة ومتداخلة .

Ascorbic acid-9 وهو ذائب بالماء لكن لا يعتبر من مجموعة (B)

Thiamine-1 (B1) الشكل الفعال له هو Thiaminepyrophosphate(TPP) يعمل مع حامض الليبويك كمرافق أنزيمي للأنزيمات التي تحفز عمليات إزالة الكربوكسيل (Decarboxylation) من أحماض α -ketoacids ومن السكريات الكيتونية كما يكون (TPP) مرافقا لأنزيم Transketolases ومصادر فيتامين (B1) هي الخبز الأسمر واللحوم والحليب والخضر ونقصه يؤدي إلى مرض beri-beri.

Riboflavin (B2)-2 أن الصيغة الفعالة لهذا الفيتامين هو Flavin mono nucleotide (FMN) وFlavin adenine dinucleotide تعمل هذه المرافقات في تفاعلات تأكسدية لحذف مجموعة الامين للأحماض الامينية Oxidative deamination وكذلك في أكسدة B للأحماض الدهنية وكذلك في تفاعلات الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation ومصادر (B2) هي الخضر واللحوم والبيض والحليب ويؤدي نقصه إلى تشقق اللسان .

Pyridoxine Pyridoxal, Pyridoxamine, وهي بثلاثة أشكال (B6)-3: يوجد مصادر فيتامين (B6) هي جنين الحنطة والخميرة واللحوم وصفار البيض ونقصه يسبب اضطرابا في الجهاز العصبي وأمراض جلدية . يوجد هذا الفيتامين بكثرة في المواد الغذائية المختلفة وقلما يحدث نقص لهذا الفيتامين في الإنسان يوجد البايرودوكسين في المنتجات النباتية بينما يوجد كل من البايروكسال والبايردوكسامين في المنتجات الحيوانية وهو مهم لبناء وهدم الأحماض الامينية أن الجزء الفعال هو pyridoxalphosphate حيث يشترك في تفاعلات مهمة وهي انتقال المجاميع وإزالة مجموعة الكربوكسيل Decarboxylation

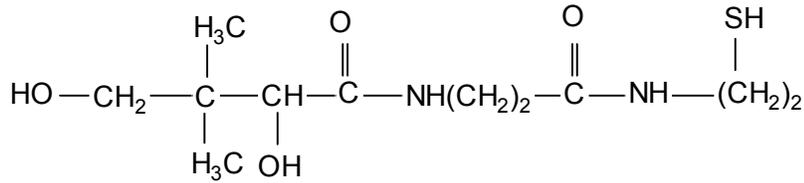


Cyano cobalmine (B12) يوجد هذا الفيتامين كجزء من الأنزيم المساعد COB12 حيث يوجد في

الحيوانات والأحياء المجهرية فقط ولا يوجد في النبات

Pantothenic acid (B4)-4

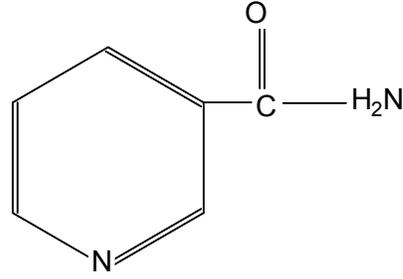
يكون وجود هذا الفيتامين غير ضروري في الغذاء لكونه يمكن تكوينه داخل الجسم الإنسان من قبل بكتريا القولون. يقترن حامض البانتونيك مع الـ ATP والحامض الاميني cystein في الكبد ليكونا المرافق الأنزيمي Acetyl COA وهو ضروري لايض الكربوهيدرات والدهون .



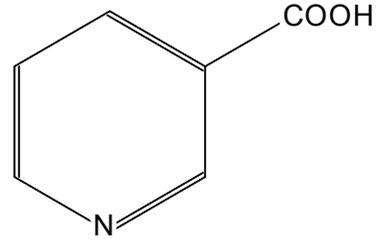
Panto thenic acid

(B3)Niacin -5

ويسمى أيضا nicotinic acid ويستطيع الإنسان من تحويله إلى Nicotin amide والذي هو جزء من المرافق الأنزيمي NAD والذي هو Nicotin amide adenine dinucleotide يتوفر النيكوتين امايد في اللحوم والبيض والطحين الكامل والخميرة ونقص هذا الفيتامين هو اسوداد اللسان واضطرابات معدية والشكل المفسفر له فهو NADP وتعمل كمراقات لأنزيمات الأكسدة والاختزال والتي يطلق عليها بأنزيمات ديهيدروجينز المرتبطة بالبايريدين Pyridine-linked dehydrogenase .



Nicotine amide



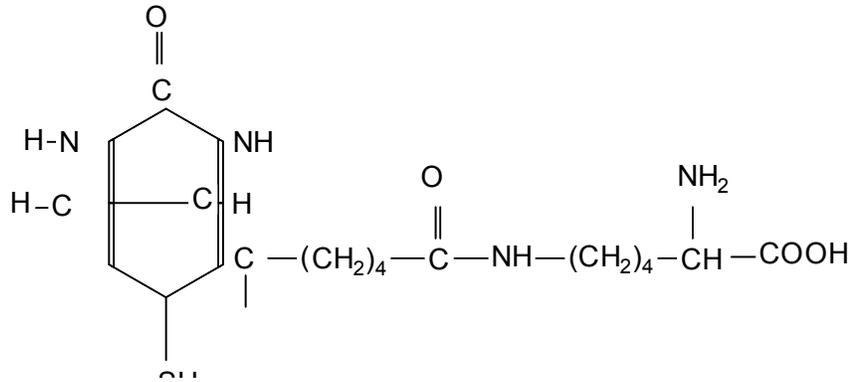
Nicotinic acid

Please Register

6-folic acid حامض الفوليك :- مهم لبناء الحامض الاميني met و الأحماض النووية لذرة كاربون يكثر في الخضر واللحوم يؤدي نقصه إلى فقر الدم في نخاع العظم . يتحول حامض الفوليك إلى الشكل المختزل THF_4 والذي يعمل ناقلا لذرة كاربون واحدة.

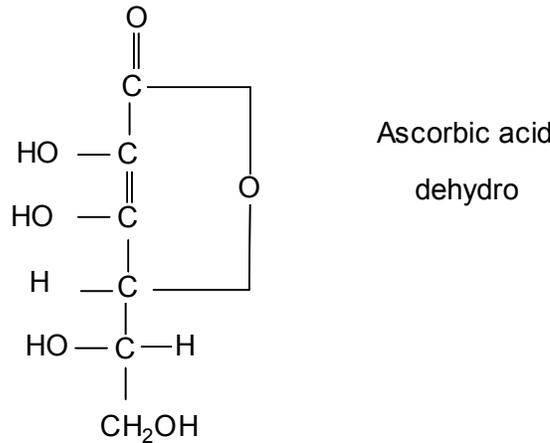
7- Pantothenic acid يتحول حامض البانتوثنيك في الجسم إلى COA أو ما يسمى أيضا COA-SH وأهميته هي نقل مجموعة الاسيتايل ونقل مجموعة الأسيل الدهنية يكثر حامض البانتوثنيك في الحليب والبيض واللحوم والخميرة ونقصه يؤدي إلى اضمحلال القشرة الادرنالية والتهاب المعدة والأمعاء وسقوط الشعر وتحوله إلى اللون الأبيض .

8- فيتامين الـ Biotin يعد هذا الفيتامين عامل مهم لنمو الخمائر وبعض البكتريا تأتي أعراض نقصه المتسببة من بياض البيض Anti -egg white injury factor بسبب تناول كميات كبيرة من بياض البيض دون صفارة التي تحتوي على بروتينات قاعدية تسمى Avidin مكونا معقدا كابتا الامتصاص البايوتين يشارك في الكثير من التفاعلات التي تحصل بها إضافة CO_2 في عملية carboxylation



التركيب الكيماوي للبايوتين

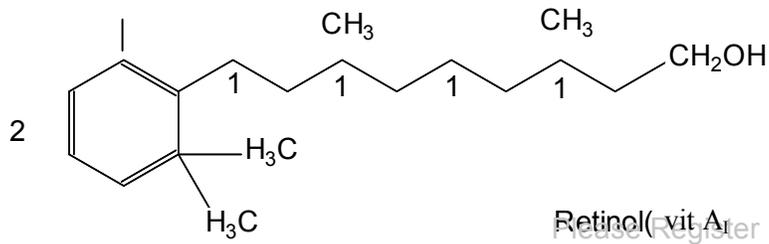
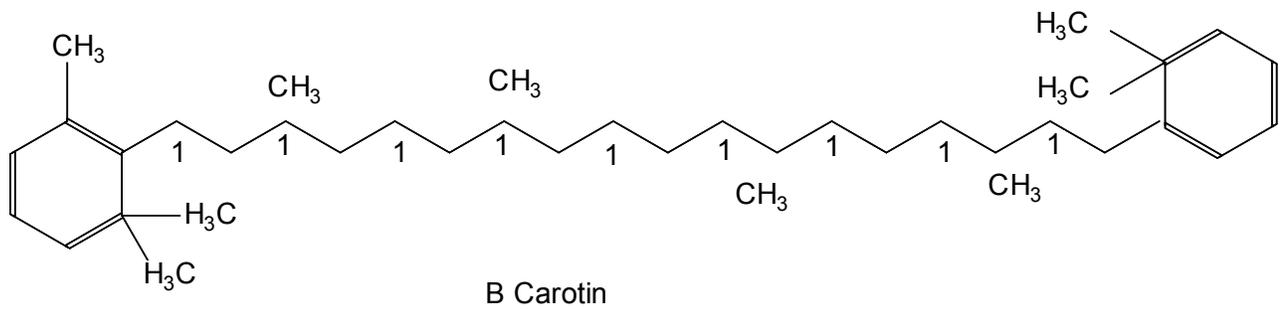
9-فيتامين (C) Ascorbic acid يوجد بنوعين المؤكسد والمختزل والشكل المختزل يطلق عليه Ascorbic acid وهو الشكل الفعال له حيث تتأكسد بسرعة dehydro ascorbic ويتحول في الجسم إلى حامض اسكوربيك بواسطة الكلوتاثيون .ويعد فيتامين (c) كمادة مضادة للاكسدة وتشارك في كثير من التفاعلات الذي يتضمن إدخال مجموعة الهيدروكسيل إلى الحامض الاميني proline وتحويل الحامض الاميني phe إلى Tyr وله أهمية في توليد فيتامين (E) يكثر في الفواكه والحمضيات والطماطة يؤدي نقصه إلى مرض الاسكرووط أعراض نقصه تشقق اللثة ونزف الدم وتشوه الأسنان .



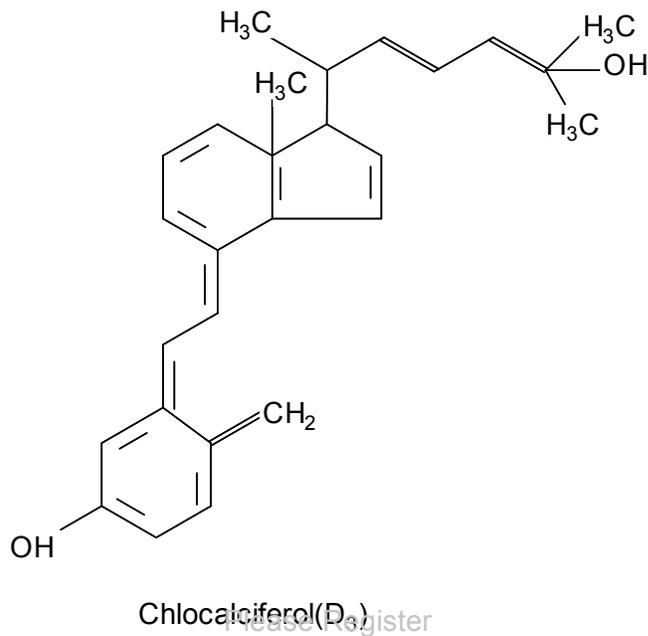
ب- الفيتامينات الذائبة في الدهن Fastoluble vitamins

تشمل هذه الفيتامينات فيتامين K,E,D,A وتعتبر من مشتقات الدهون وهي لا تعمل كمراقات أنزيمية كما هو الحال في الفيتامينات الذائبة بالماء

1-فيتامين A: يحصل الإنسان على هذا الفيتامين بصيغته الأولية من النباتات على شكل B-caroten كما يحصل عليه بصيغته النهائية من المصادر الحيوانية. أن الـ B-caroten الموجود في الخضروات الصفراء مثل فيتامين A بصيغته الأولية وان كل جزيء من B-caroten ينقسم في الأمعاء إلى جزيئين ريتنول Retinol أو ما يسمى vit A1 ويتأكسد فيتامين A1 إلى Retinal وان الأخير يقترن مع البروتين Opsin ليكون رودوسين Rhodopsin وهي الصيغة الحساسة للضوء والموجودة في شبكة العين.وهو ضروري لنمو الأنسجة الرابطة وفي التئام الجروح وامتصاص الحديد وفي بناء الهرمونات وهو مادة مضادة للتأكسد نقصه يؤدي إلى العشو الليلي والنقص الشديد يؤدي إلى جفاف قرنية العين والعمى التام وينتشر فيتامين A في الجزر والخضراوات والحليب والكبد والبيض والزبدة .



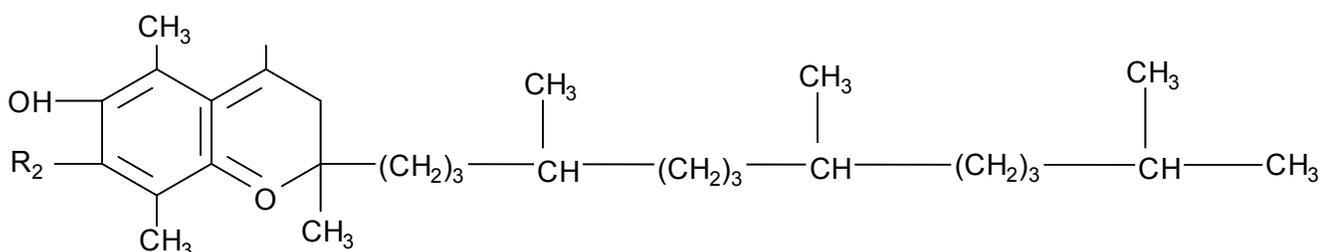
2-فيتامين D: يدعى هذا الفيتامين بالفيتامين الشمسي Solar vitamin وذلك لان تكوينه يشتمل على تعريض مركبات الستيروول للأشعة فوق البنفسجية حيث يتكون فيتامين D3 (Cholecalciferol) من الستيروول 7. ديهيدروكوليسترول والموجود في الجلد عند تعريضه للأشعة فوق البنفسجية ويتحول في الكبد إلى مركب آخر



ثم يتحول في الكلية إلى المركب المسمى (1,25 dihydroxy cholecalciferol) ومختصرة (1,25 DHCC) وهذا الأخير يمثل الشكل الفعال لفيتامين D ويعمل كهرمون أيضا وظيفته الأساسية تنظيم امتصاص الكالسيوم في الأمعاء ونقصه في الأطفال يؤدي إلى الإصابة بمرض الكساح أما في البالغين فنقصه يؤدي إلى تلين العظام والرخاوة يوجد بكثرة في زيت كبد الحوت وفي الحليب والزبدة والكبد .

3-فيتامين E

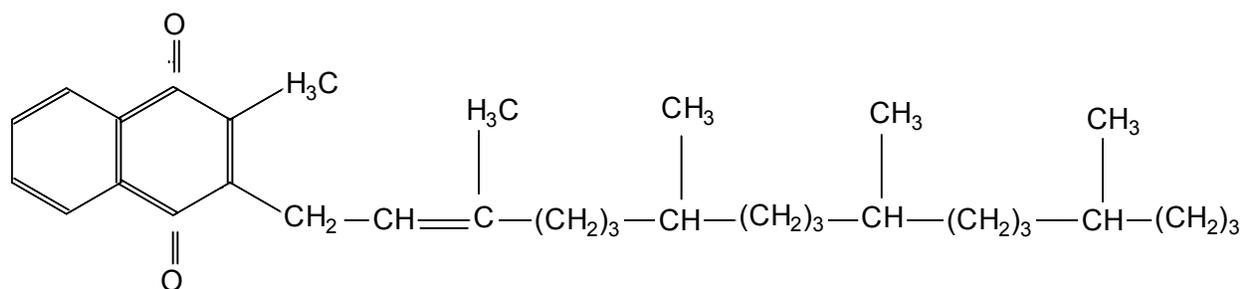
يتألف هذا الفيتامين من مركبات التوكوفيرولات (Tocopherols لأنواع β , α , γ) ويكون النوع α هو الأكثر فعالية وتكمن أهمية هذا الفيتامين بكونه مادة مضادة للتأكسد antioxidant



يكثر فيتامين E في أجنة الحنطة والرز وبذور القطن والفسق والجوز ونقصه يؤدي إلى ضمور العضلات والعظام والحيوانات .

4-فيتامين k

تقوم البكتريا الموجودة في الأمعاء بتكوين هذا الفيتامين ويعمل هذا الفيتامين في الكبد في تعجيل إدخال مجموعة الكربوكسيل إلى الكلوماتيك ضمن الـ prothrombin وبهذا يؤدي إلى تجلط الدم .



التركيب الكيميائي لفيتامين k

ويوجد بكثرة في الخضر والكبد ونقصه يؤدي إلى تأخير تخثر الدم وكذلك مرض الرعاف (النزيف)

مرافقات أنزيمية عضوية لا تعتبر فيتامينات :-

لا تعد جميع المرافقات الأنزيمية العضوية هي فيتامينات فمثلا COQ وحامض اللبويك مرافقات أنزيمية لكنها لا تعتبر فيتامينات لكون نقصها لا يؤدي إلى حالات غير طبيعية في الإنسان يشارك COQ في عمليات نقل ذرات الهيدروجين والالكترونات في السلسلة التنفسية أما حامض اللبويك فيرتبط مع NAD و FAD و COA و TPP.

الفصل السابع

النوكليوتيدات و الأحماض النووية Nucleotides' and nucleic acids :-

تعتبر النوكليوتيدات الوحدات البنائية bulding blocks للأحماض النووية والنوكليوتيدات هي جزيئات حيوية مهمة ذات وزن جزيئي قليل تتكون من قاعدة نيتروجينية (بيورينية أو بايريميدينية) + سكر خماسي رايبوزي أو دبوكسي رايبوزي +مجموعة فوسفات (حامض الفسفوريك) .

تكمن أهمية النوكليوتيدات في أنها الوحدات الأساسية للحامضين النوويين DNA و RNA كما تساهم بنقل الطاقة الكيميائية من التفاعلات التي تنتج الطاقة إلى التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة كما أن القسم الآخر يعمل كمرافقات أنزيمية مثل NAD و NADP و FAD كما تعمل النوكليوتيدات كمركبات وسطية في التكوين الحياتي للكربوهيدرات والدهون المعقدة .ويعمل أيضا (CAMP) الحلقي كوسيط لعدد كبير من الهرمونات والذي يدعى المرسل الثانوي (second messenger)

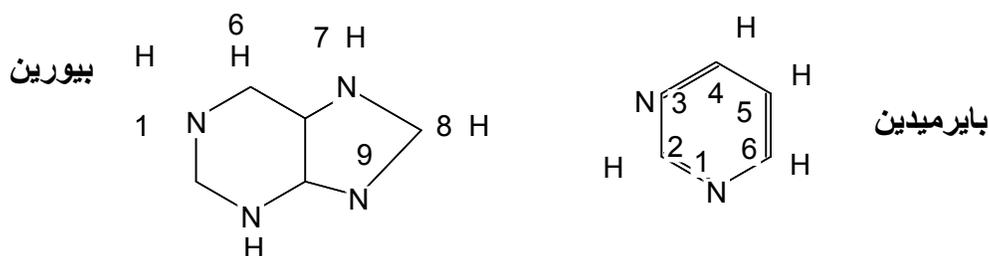
القواعد النتروجينية :-

هناك قاعدتان نايتروجينيتان تدخلان في تركيب الأحماض النووية DNA و RNA وهما :-

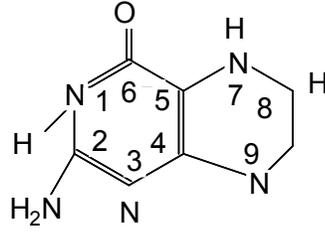
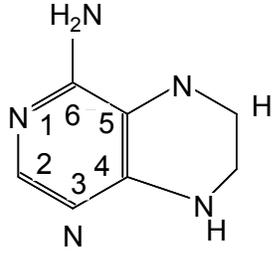
1.القواعد البيورينية وتشمل الادنين (A) Adenine والكوانين (G) Guanine .

2.القواعد الباييريميدينية وتشمل الساييتوسين (C) واليوراسيل (U) والثايمين (T)

وتتكون القواعد البيورينية من حلقتين غير متجانستين كما موضح



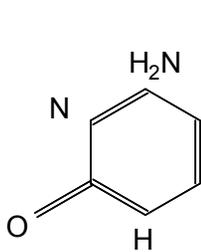
يوجد الـ Adenine و Guanine وهما من القواعد البيورينية في كل من DNA و RNA على حد سواء ويوجد كذلك الـ Cytosine كقاعدة بايريميدينية في DNA و RNA أما بقية القواعد الباييريميدينية وهما uracil و Thymine فيوجد الأول أي (u) في RNA بينما يوجد الثاني في DNA والأشكال التالية تمثل التركيب الكيميائي للقواعد النتروجينية البيورينية والبايريميدينية .



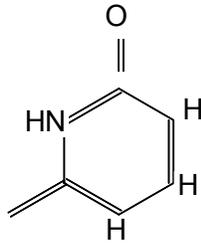
(A)Adenine) Please Register Guanine(G)

(6-amino purine) (2amino -6-oxy purine) اما الاسم النظامي فهو

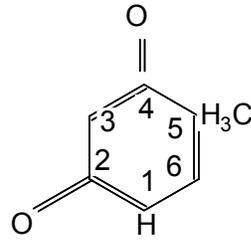
اما قواعد البايروميددين الرئيسية فهي كما موضح في الرسم :-



Cytosine(c)



uracil (u)
2-4dioxypyrimidine



Thymine(t)
5 methyl uracil

هناك اثنان من القواعد البيورينية هما الزانثين xanthine وهايپوزانثين Hypoxanthine والموجودان كمركبات وسطية ناتجة من العمليات الايضية للاندنين .وهناك قواعد بيورينية وباريمدنية اخرى توجد بنسبة ضئيلة في الأحماض النووية للبكتريا والفايروسات وهما مثل 5-hydroxy methyl cytosine ,7-methyl Guanine ,5-methyl cytosine

النوكليوسيدات Nucleosides

هي عبارة عن قاعدة نيتروجينية Nitrogen base +سكر خماسي رايبوزي او ديوكسي رايبوزي ويشترك اسم النوكليوسيدة من اسم القاعدة النيتروجينية الداخلة في تركيبها فمثلا .

Adenine +pentose suger (Ribose) = Adenosine ادنيوسن

Guanine+pentose suger (Ribose) =Guanosine كوانوسين

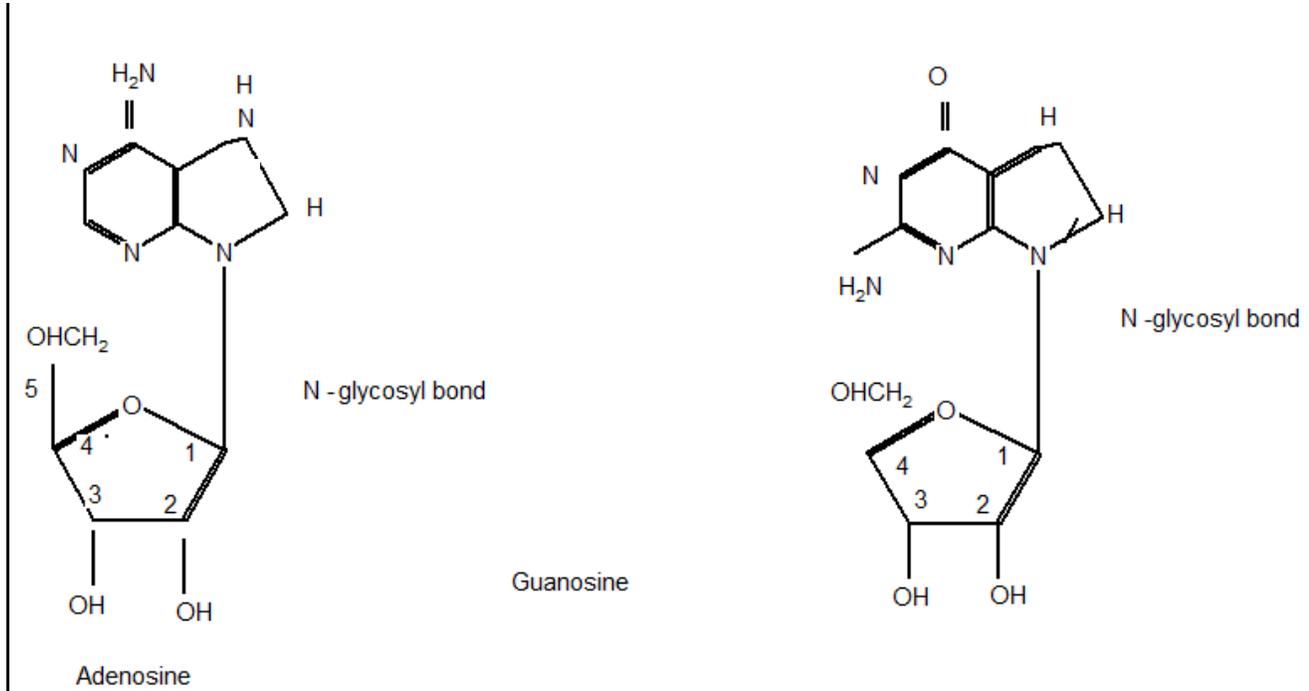
Cytosine +pentose suger (Ribose) =cytidine سايتدين

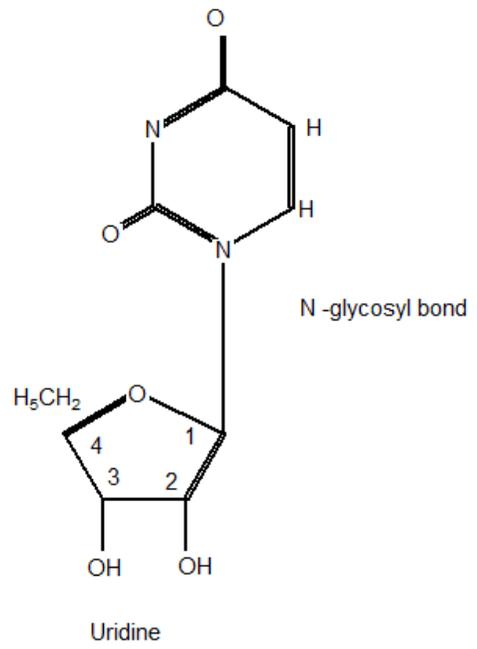
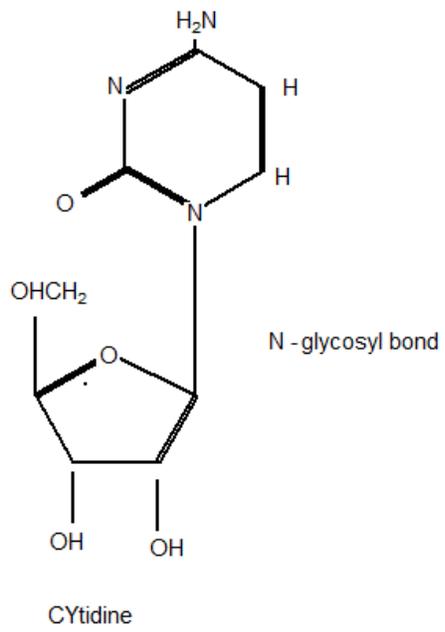
Uracil +pentose suger (Ribose) =Uridine يوريدين

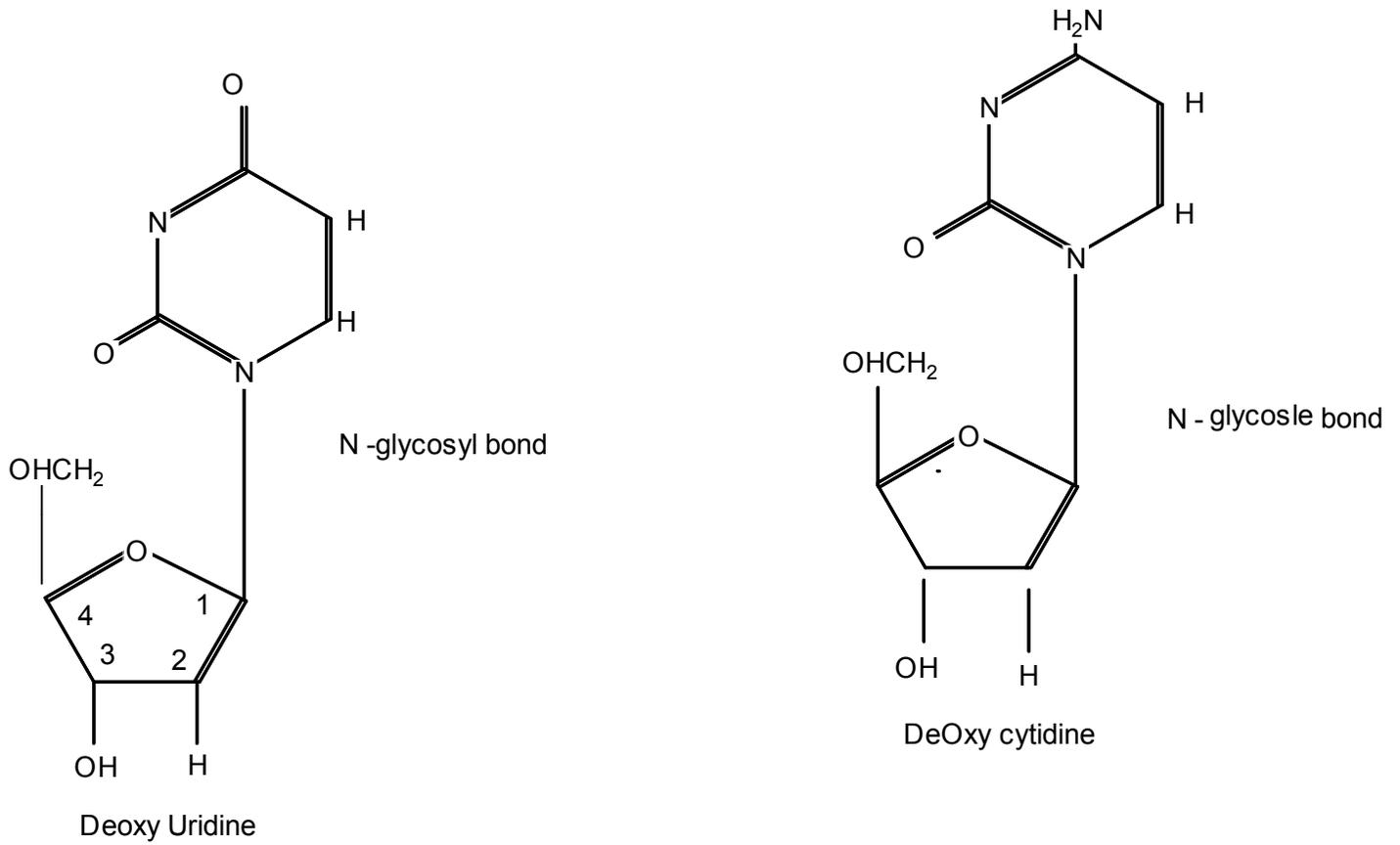
Thymine +pentose suger (Ribose) = thymidine ثايميدين

في حالة البيورينات يكون الارتباط ما بين القاعدة النيتروجينية والسكر الخماسي بأصرة من نوع N-glycosylbond ما بين ذرة النيتروجين رقم (9) وذرة الكربون رقم (1) للسكر الرايبوزي .

اما في حالة البريميدينات فيكون الارتباط ما بين ذرة النيتروجين رقم (1) وذرة الكربون رقم (1) للسكر الخماسي الرايبوزي وتسمى ايضا N-glycosylbond ويمكن توضيح النيوكليوسيدات الوارد ذكرها اعلاه كما هو مبين في الاشكال اللاحقة .







التراكيب السابقة في الشكل اعلاه تمثل النيوكليوسيدات الشائعة ويتضح من التراكيب المذكوره ان هناك أصرة هي من نوع N-glycoylbond كما ذكرنا سابقا ترتبط ما بين ذرة النيتروجين رقم (9) وذرة الكاربون الكاربون رقم (1) في حالة البيورينات ، اما في حالة البايريميدينيات فيكون الارتباط ما بين ذرة النيتروجين رقم (1) وذرة الكاربون رقم (1). وان العلامة (-) فوق ذرات الكاربون للسكر الريبوزي وضعت مجرد للتمييز بينها وبين القواعد النتروجينية (1). اما اذا كان السكر الريبوزي من نوع deoxy اي يكون منقوص الأوكسجين على ذرة الكاربون رقم (2) قيصاف المقطع deoxy قبل اسم النيوكليوسيدة فمثلا تسمى deoxy guanosine او deoxy adenosine او Deoxy cytidine وهكذا بالنسبة للبقية .

النيوكليوتيدات Nucleotide

هي عبارة عن نيوكليوسيدة مفسفرة اي تتكون من قاعدة نيروجينية +سكر خماسي+مجموعة فوسفات واحدة او اثنان او ثلاثة فاذا كانت مجموعة فوسفات سميت نيوكليوتيدة احادية واذا كانت مجموعتا فوسفات سميت نيوكليوتيدة ثنائية واذا كانت ثلاثة مجموعات سميت نيوكليوتيدة ثلاثية .

يرتبط حامض الفسفوريك (مجموعة الفوسفات) بأصرة استيريه مع السكر الرايبوزي او الديوكسي رايبوزي على ذرة الكاربون رقم (5) او (3) ولكن النيوكليوتيدات الشائعة ترتبط فيها مجموعة الفوسفات مع ذرة الكاربون رقم (5) ان جميع النيوكليوتيدات المحتوية على فوسفات هي عبارة عن أحماض وذلك بسبب قابلية ذرات الهيدروجين في مجموعة الفوسفات للتاين وهكذا فان النيوكليوتيدة تسمى باسم الحامض الذي يشتق منها فمثلا:

(حامض الادينيليك) ادينوسين احادي الفوسفات Adenosine mono phosphate AMP=A

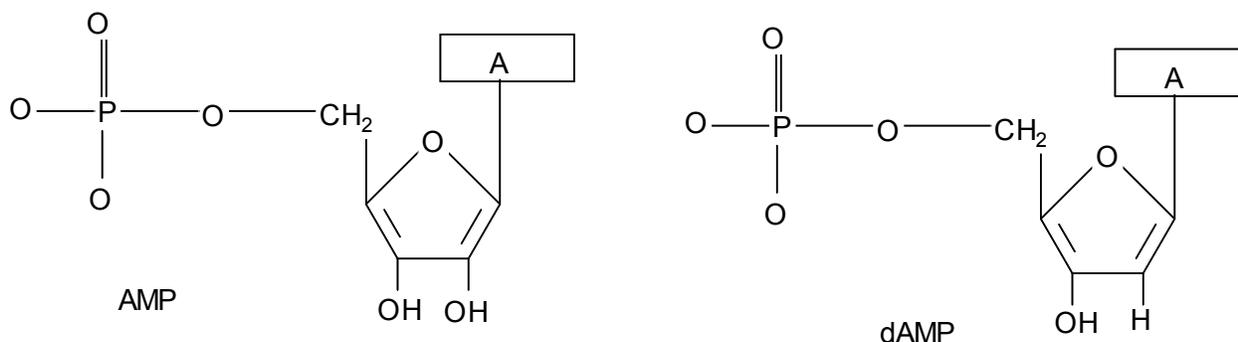
(حامض الكوانيليك) كوانسين احادي الفوسفات GMP=Guanosine mono phosphate

(حامض الساتيديليك) ساتيدين احادي الفوسفات CMP=cytidine mono phosphate

(حامض اليوريديليك) يوريدن احادي الفوسفات UMP= Urdine mono phosphate

(حامض الثايميديليك) TMP=Thymidine mono phosphate

وعلى نفس الاساس الذي رسم من الشكل المبين يمكن كتابة التركيب الكيميائي للاشكال الاخرى الوارد ذكرها اعلاه يمكن اضافة الحرف (d) قبل المختصر في حالة اذا كان السكر الرايبوزي منقوص الأوكسجين

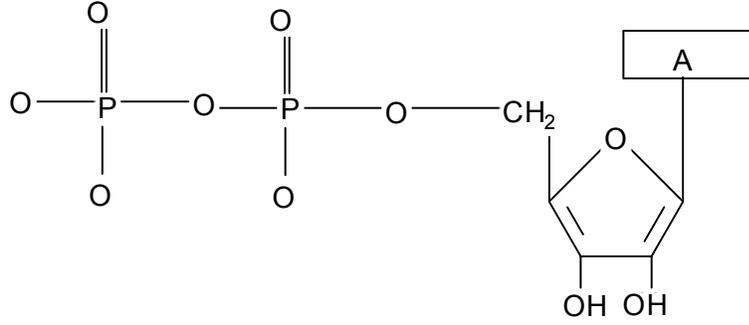


حامض الادينيليك

اي يصبح dAMP و dGMP و Dump و dTMP اذا كانت هناك مجموعتا فوسفات سوف تكون النيوكليوتيدة ثنائية وتختصر كمايلي Adenosine diphosphate ADP و Guanosine diphosphate GDP و Thymidine diphosphate .

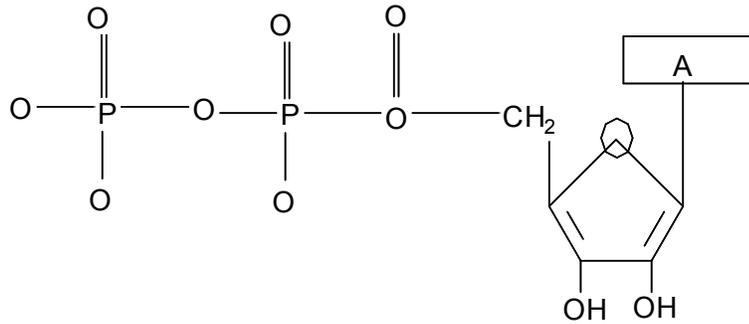
ويمكن توضيح التركيب الكيميائي حسب المثال التالي :

ان الأصرة مايبين المجاميع الفوسفاتية تسمى بالأصرة الفوسفاتية :



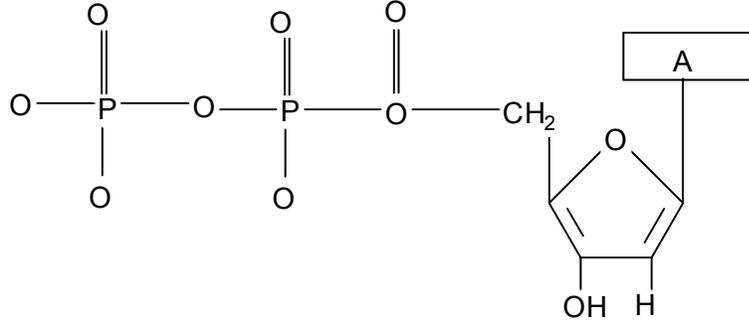
Adenosine diphosphate

إذا كان السكر الخماسي منقوص الأوكسجين فسوف يضاف أيضا الحرف (d) قبل المختصر لكي يصبح
 ADP Adenosine di phosphate و dADP و dGMP و dCDP و dTDP اما اذا كانت هناك ثلاث
 مجاميع فوسفاتية فسوف تسمى النيوكليوتيدة بالثلاثية اي ATP و GTP و CTP و UTP و TTP وكما موضح
 في الشكل التالي :-



ATP

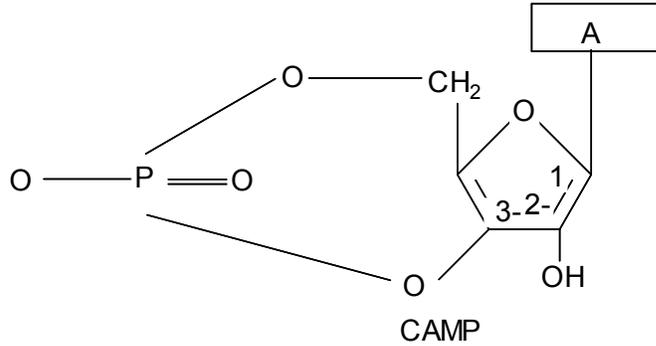
وإذا كان السكر الرايبوزي منقوص الأوكسجين فسوف تكون النيوكليوتيدة كما موضح في الشكل التالي dTTP
 ,dUTP,dCTP,dGTP,dATP,dATP



dATP

من مشتقات النيوكليوتيدة المهمة هو المركب 3^- , 5^- ادينوسين مونر فوسفات الحلقي (Cyclic AMP (CAMP) حيث تعمل هذه النيوكليوتيدة المشتقة كمرسل او مخبر كيميائي تتحكم بسرعة التفاعلات الأنزيمية داخل الخلايا لعدد كبير من الانسجة . وتوجد في الخلية نيوكليوتيدات اخرى تلعب دورا مهما في العمليات الايضية مثل

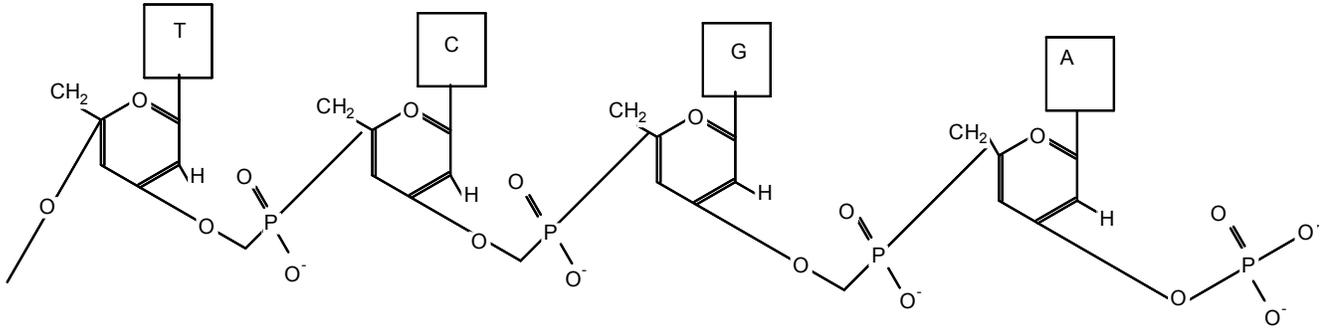
FMN و FAD و NAD



الأحماض النووية Nucleic acids

تتكون الأحماض النووية من وحدات متكررة من النيوكليوتيدات الأحادية Repeated units of mono nucleotides والمرتبطة مع بعضها بواسطة أوامر فوسفاتية ثنائية الاستر diester phosphate bonds حيث تتكون هذه الأصرة ما بين ذرة الكربون رقم 1 للسكر الخماسي الاول مع ذرة الكربون رقم 5 للسكر الخماسي الاخر وهكذا تستمر السلسلة المكونة من عدة مئات من النيوكليوتيدات الأحادية .

هناك نوعان من الأحماض النووية وهما RNA والذي يعني Ribo nucleic acid و Deoxy ribo nucleic acid DNA nucleic acid ويمكن رسم التركيب الكيميائي للحامضين المذكورين كما هو موضح في الاشكال التالية : التركيب الكيميائي للنيوكليوتيدات المتعددة الـ DNA



التركيب الكيميائي للـ DNA

الحامض النووي DNA

تم عزل ودراسة الـ DNA لأول مرة من قبل العالم السويسري F.Miesher سنة 1868 حيث حصل عليه من الحيوانات المنوية للأسماك ومن الخلايا المتفحكة والتي تكون عادة غنية جدا بالـ DNA الا ان الصورة الواضحة التي نعرفها اليوم عن الـ DNA لم تكتمل الا من قبل العالم جاركوف سنة 1950 حيث لاحظ بان النيوكلوتيدات البيورينية فية مطوية مع للنيوكلوتيدات البايريميدينية كما ان كمية Adenine مساوية لكمية الثايمين Thymine وكذلك فان السايروسين cytosine مساوي لكمية Guanine ويقترن A=T باصرتين هيدروجنتيين بينما يقترن G=C بثلاثة أواصر هيدروجينية كما ان جزيئة الـ DNA تتكون من سلسلتين نيوكليوتيديين طويلتين مثبتة مع بعضها بواسطة الأواصر الهيدروجينية بين وحدات القواعد النتروجينية المتفاعلة .

لقد افترض العالمان Crick و Watson سنة 1953 نموذجا ثلاثي الابعاد لتركيب الـ DNA تتكون من سلسلتين حلزونيتين من متعدد النيوكليوتيدات ملتفتتين حول محور واحد لتكون حلزون مزدوج Double helix وان هاتين السلسلتين تسيران باتجاهين متعاكسين (غير متوازيين) وان قواعد البيورين والبايريميدين لكل سلسلة تكون مرتبة ألى الداخل من الحلزون المزدوج وان قواعد السلسلة الاولى تقترن بالمستوى نفسة مع قواعد السلسلة الثانية ويتم الاقتران بين القواعد التي تتلائم فقط داخل هذا التركيب بواسطة الأواصر الهيدروجينية وان هذه الأواصر سوف تعطي لجزيئة الـ DNA اعظم ثبات واستقرار stability ان سلسلتي متعدد النيوكلوتيد للحلزون المزدوج في الـ DNA لا تكون متماثلة بالنسبة لتسلسل قواعدها ولكن تكون متتامة complementary مع بعضها البعض الاخر فاينما يكون الـ cytosine يكون الـ Guanine مقابلا بالسلسلة الاخرى واينما يكون الـ Adenine يكون Thymine مقابلا له بالسلسلة الاخرى والعكس بالعكس

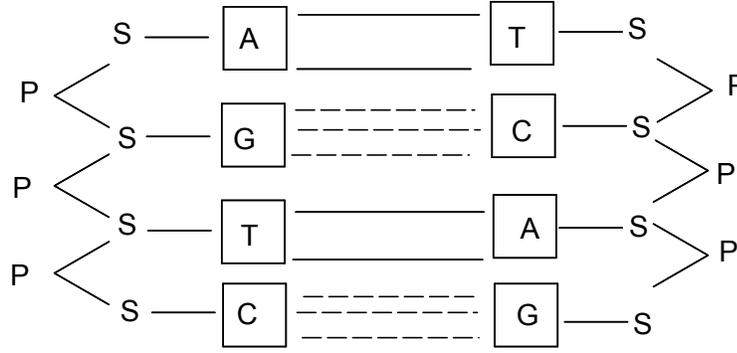


Diagrama Registrar
(تركيب الحلزون المزدوج للـ DNA)

تغير الصفات الطبيعية (المسخ) DNA Denaturation

يكون الحلزون المزدوج الطبيعي لجزء الـ DNA ثابتا تماما عند رقم هيدروجيني معين وهو 7.0 وعند درجة الحرارة الاعتيادية ولكنه يعاني وبصورة سريعة تغيرا في التوائاته الحلزونية وانعداما في ترتيبها عندما يتعرض ألى زيادة كبيرة جدا في قيمة الرقم الهيدروجيني ودرجات حرارة تتراوح بين 70-80 او عند تعرضه ألى تركيز عالي من الكحول واليوريا وبما ان هذه العوامل مشابهة لتلك العوامل المسببة لتغير الصفات الطبيعية للبروتينات وفك التوائاتها لذا فقد تم الاستنتاج بان الحلزون المزدوج يعاني من هذه العملية ايضا وان الـ DNA الطبيعي يكون ثابت بقوتين هما الأصرة الهيدروجينية والأصرة الكارهة للماء. واذا حدث وان اعيقت هاتين الاصرتين او احدهما فان ذلك سوف يؤدي ألى تفكك التوائات الحلزون المزدوج بحيث تصبح مبعثرة غير مرتبة .

2-الحامض النووي الرايبوزي Ribonucleic acid RNA

يتكون هذا الحامض من سلسلة متعدد النيوكليوتيد التي تتكون من القواعد النيتروجينية A,G,C,u والسكر الخماسي الرايبوزي كامل الأوكسجين ، تكون جزيئات الـ RNA في الخلية الحية بثلاثة اشكال هي messenger RNA ,rRNA,Ribosomal RNA ,tRNA transfer RNA mRNA RNA في الخلايا البكتيرية يكون معظم الـ RNA منتشرا في الساييتوبلازم اما في الخلايا حقيقية النواة فيكون منتشرا في النواة والساييتوبلازم والميتوكوندريا.

Messenger RNA الحامض النووي الرايبوزي المخبر

يؤلف 3-5% من الـ RNA الخلوي ، ان كل جزيء mRNA يحمل شفرة تحدد تكوين نوع واحد من البروتين غير ان هناك جزيئات mRNA تحمل شفرة تحدد تكوين اكثر من واحد من البروتين وهذا يدعى (poly cistronic mRNA) وتتكون جزيئات الـ mRNA داخل نواة الخلية بالية معينة بحيث يكون تسلسل القواعد النيتروجينية في الـ mRNA متطابقا مع تسلسل القواعد النيتروجينية في سلسلة الحامض DNA ثم تعبر بعد ذلك جزيئات mRNA ألى مواقع تكوين البروتين في الساييتوبلازم بحيث تحدد تعاقب الأحماض الامينية خلال عملية

تكوين البروتينات وتحتوي جزيئات الخلية الواحدة على عدة مئات من جزيئات mRNA فمثلا يوجد حوالي 1000 جزيئة mRNA في بكتريا E.Coli

Transfer RNA tRNA

يؤلف حوالي 10-15% من RNA الكلي للخلية ويوجد بشكل خاص في الساييتوبلازم يعمل الـ tRNA على نقل الأحماض الامينية إلى مراكز تكوين البروتين. بحيث يتخصص tRNA واحد على الاقل لكل حامض اميني وقد يصل عدة جزيئات tRNA في الخلية إلى عدد الالف وتحتوي جزيئة الـ tRNA على نيوكليوتيدات غير شائعة ونادرة تساعد في تخصص الـ tRNA حيث ان لجزيء tRNA تركيب ثلاثي تتضمن مناطق حلزونية والتفافات وبصورة عامة فان السلسلة النيوكليوتيدية لجزيئة tRNA تكون تركيبا له شكل ورقة البرسيم Clover leaf بحيث يعطي له ثباتا واستقرارا عاليا وذلك لاحتوائه على اعلى درجة للتأصل الهيدروجيني .

Ribosomat RNA rRNA

يؤلف حوالي 80% من تركيب الرايبوسومات هي مواقع تصنيع البروتين وتتألف الرايبوسومات عموما من وحدتين ثانويتين مختلفتين في الحجم تعملان كوحدة متكاملة في التكوين الحياتي للبروتينات ويحوي تركيب كل من هاتين الوحدتين على rRNA والذي يؤلف اكثر من النصف بينما يؤلف البروتين الجزء المتبقي وتحتوي الوحدة الثانوية الصغيرة للرايبوسوم على جزيء rRNA واحد وعدد من البروتينات بينما تحتوي الوحدة الكبيرة على جزيئين rRNA وعدد من البروتينات ويحوي rRNA على قواعد نتروجينية غير شائعة وله تركيب ثلاثي ويحتوي في تركيبه على مناطق لحلزون مزدوج واخر منفرد كما ان rRNA يشكل اغلب سطح الرايبوسومات وهذا يسهل تداخله مع مكونات الـ RNA الاخرى الضرورية لتصنيع البروتين .

اهم الفروقات بين DNA و RNA

DNA	RNA
1. يتكون من القواعد T,C,A,G	1. يتكون من القواعد U,C,A,G
2. يدخل في تركيب السكر الخماسي الرايبوزي منقوص الأوكسجين	2. يدخل في تركيب السكر الخماسي الرايبوزي
3. يتمركز في النواة	3. يتمركز في الساييتوبلازم
4. يشارك بعملية نقل المعلومات الوراثية	4. يشارك بعملية تصنيع البروتين
5. يوجد بنوع واحد	5. توجد بثلاثة انواع

الفصل الثامن

الطاقة الحياتية Bioenergetics

يقصد بها دراسة تحولات الطاقة في الكائنات الحية والطاقة هي القابلية على انجاز شغل وتستعمل الطاقة في عمليات مختلفة فمثلا تستخدم الطاقة الشمسية في عملية التركيب الضوئي photo synthesis كما تنتج الطاقة من خلال اكسدة المواد الغذائية وتستعمل الطاقة المتحررة في عملية الهدم الحياتي catabolism في صنع العديد من المركبات ذات الطاقة العالية كما تستعمل في صناعة مواد خلوية والقيام بنشاطات وظيفية متعددة مثل الحركة والنمو والافراز والامتصاص تقاس كمية الحرارة بالسرعات وهي كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة الحرارة كغم واحد من الماء من 15 درجة مئوية إلى 16 درجة مئوية والسعرة هي مقياس الطاقة ومختصرها Cal

انواع الطاقة

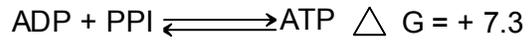
1. الطاقة الحرارية Thermal energy

2. الطاقة الكامنة potential energy

3. الطاقة الحركية kinetic energy

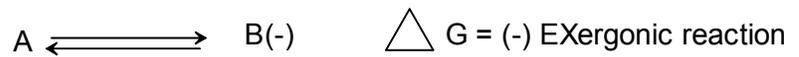
4. الطاقة الكهربائية electrical energy

5. الطاقة الاشعاعية radiant energy

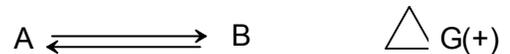


الطاقة الحرة free energy

هو اقصى شغل مفيد يمكن الحصول عليه من نظام ما عند ضغط وحرارة وحجم ثابت ويرمز لها بـ G اما التغير بالطاقة الحرة فيرمز له ΔG اذا كان (-) فان التفاعل يسير تلقائيا إلى الامام ويحرر طاقة (فينتج للطاقة) ويسمى في هذه الحالة :



اما اذا كان ΔG (+) فان التفاعل لايسير تلقائيا إلى الامام وان ΔG ستكون موجبة .



ويسمى التفاعل في هذه الحالة بـ Endergonic reactin اي تفاعل مستهلك للطاقة (ماص للطاقة او الحرارة)

طاقة التنشيط E_a Activation energy

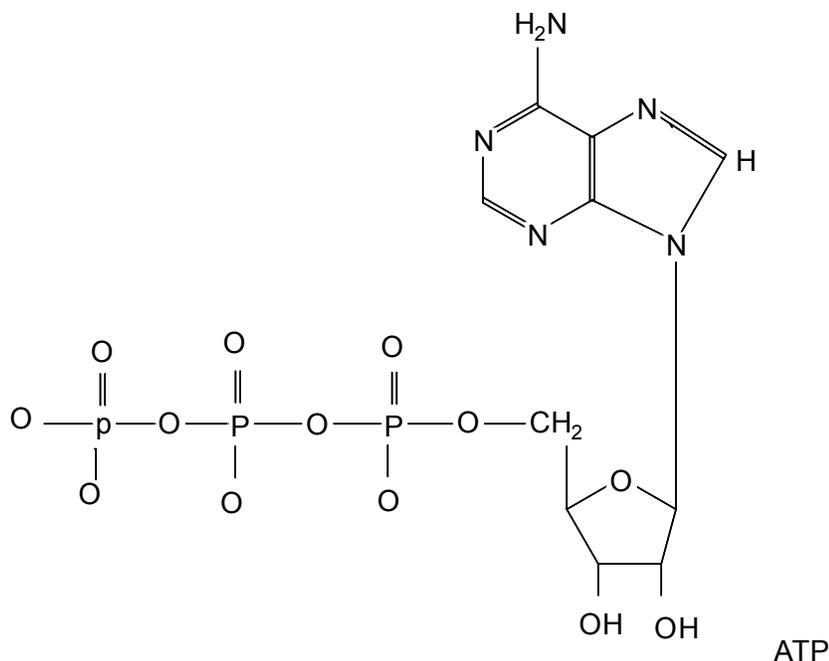
هي الطاقة الحرة اللازمة لتحويل المادة الاساس لتفاعل انزيمي معين ألى حالاتها المنشطة وعند تحويلها للحالة المنشطة او الحالة الانتقالية فانها تتحول ألى نواتج وتتناسب سرعة التفاعل مع كمية المادة الاساس في الحالة الانتقالية وكلما كانت قيمة E_a اعلى كلما كانت سرعة التفاعل ابطا وذلك لان عدد قليل من الجزيئات المتفاعلة ستملك الكمية الكافية من الطاقة الحركية لتتحول فية ألى الحالة النشطة . ويمكن تعريف طاقة التنشيط ايضا بانها كمية الطاقة بالكيلو سعة اللازمة لتحويل جميع الجزيئات للمادة المتفاعلة في مول واحد ألى حالة الانتقال

المركبات الفوسفاتية ذات الطاقة العالية

يعد الـ ATP المولد الاساسي للطاقة الخلوية حيث ان متوسط قيمة ΔG اللئدة لتحلله هي (7.3 - سعة /مل)



يوجد الـ ATP في جميع الخلايا الحيوانية والنباتية والاحياء المجهرية ويصل تركيزه بين 0.001-0.1 مول /لتر من ماء الخلية او حوالي 0,5-5ملغم /مل. يوجد الـ ATP على شكل مركب يحمل شحنة كهربائية عالية (شحنة سالبة) وكما موضح في الشكل:



ان الـ ATP يربط الفعاليات المنتجة للطاقة مع الفعاليات التي تحتاج ألى طاقة .
صنفت المركبات الفوسفاتية ألى صنفين وهما :

1-الصنف الاول / المركبات الفوسفاتية الغنية بالطاقة.

2-المركبات الفوسفاتية ذات الطاقة الواطئة.

ان الجدول التالي يبين قيم الطاقة الحرة القياسية كمرکبات فوسفاتية لها اهميتها الحيوية:

المركب	
-14.8	Phospho enol pyruvate
-11.8	1.3 diphosphogly cerate
-10.3	Phosphocreatin
-10.1	Acetylphosphate
-7.3	ATP
-5.0	Glucose-1-phosphate
-3.8	Fructose -6-phosphate
-3.3	Glucose-6-phosphate
-2.4	3-phospho glycerate
-2.2	Glycerol-3-P

يمكن ملاحظة ان الـ ATP تمتلك قيمة متوسطة وان ΔG لها يمكن اعتبارها مركز او نقطة الوسط لمقياس الترموديناميك للمركبات الفوسفاتية وان المركبات التي توجد في اعلى المقياس تميل لفقدان مجموعاتها الفوسفاتية بينما المركبات التي توجد في اسفل المقياس تميل للاحتفاظ بمجموعاتها الفوسفاتية .

الايض الحياتي Metabolism

هي التغيرات الكلية في المادة والطاقة للخلية الحية وتقسم إلى قسمين وهما عملية الهدم الحياتي Catabolism وعملية البناء الحياتي anabolism حيث ان هاتين العمليتين تنتجان مركبات حيوية ضرورية للخلية وكذلك طاقة كيميائية في عملية الهدم الحياتي تتحلل جزيئات الاغذية مثل الكربوهيدرات ،الدهون والبروتينات حيث تتم عملية التحلل بمساعدة الأنزيمات وتتحول إلى مركبات وسطية Intermediate Compounds ثم بعد ذلك إلى نواتج بسيطة نهائية مثل CO_2 وامونيا ، ويوريا ،حامض اللاكتيك وحامض الخليك ويلازم هذه العملية انتاج طاقة تحفظ بشكل طاقة كيميائية على شكل الـ ATP اما عملية البناء الحياتي فهي عملية معاكسة حيث تتحول المركبات او الجزيئات الاولية الصغيرة إلى جزيئات معقدة وكبيرة وذلك بمساعدة الأنزيمات ايضا حيث

تتحول إلى البروتينات والدهون والسكريات والأحماض النووية وكذلك الهرمونات والصبغات الحيوية وان هذه العملية يصاحبها استهلاك طاقة وذلك عن طريق تفكك الـ ATP المخزون في الخلية .

دورة الحامض ثلاثي الكربوكسيل (TCA) دورة كريبس

تسمى هذه الدورة بدورة الحامض ثلاثي الكربوكسيل Tri carboxylic acid وذلك لوجود ثلاثة أحماض في هذه الدورة يحتوي كل منها على ثلاثة مجاميع كربوكسيلية وتسمى هذه الدورة citric acid cycle لان اول حامض ينتج من هذه الدورة هو حامض الستريك وتسمى بدورة كريبس krebs cycle وذلك نسبة إلى العالم الذي اكتشف هذه الدورة عام 1937.

ان الغرض الاساسي لهذه الدورة هو انتاج طاقة على شكل ATP وذلك لتجهيز المركبات الوسيطة بها لانتاج مركبات نهائية ضرورية لعمل الخلية كما تعد مصدرا اساسيا لتوليد المرافقات الأنزيمية بشكلها المختزل NADH, FADH₂ ان عملية هدم الكربوهيدرات والدهون والبروتينات تنتج المركب المسمى acetyl COA والذي يحتوي على ذرتي كربون وهو الناتج النهائي المشترك لعمليات الهدم اعلاه حيث تدخل إلى دورة كريبس عن طريق اندفاعها مع جزيئة Oxaloacetate والذي يحتوي على أربعة ذرات كربون لتنتج مركب يحتوي على ستة ذرات كربون وهو حامض الستريك citric acid وتحدث تفاعلات دورة كريبس في الماييتوكوندريا حيث تحتوي على جميع الأنزيمات والمرافقات الأنزيمية الضرورية لهذه الدورة كما انها تحتوي على جميع الأنزيمات الضرورية للعملية النهائية للتنفس الا وهي عملية نقل الالكترونات والفسفرة التاكسدية . تتم عملية TCA داخل الماييتوكوندريا حيث انها تحتوي على جميع الأنزيمات والمرافقات الأنزيمية الضرورية للدورة وانتقال الالكترونات والفسفرة التاكسدية ولهذا السبب يطلق على الماييتوكوندريا بمصنع القوة في الخلية Plant power of cell تتم عملية تكوين حامض الستريك بمساعدة citrate synthetase وهو الأنزيم الاول في الدورة ويطلق عليه بانزيم التكثيف condensation enzyme يساعد الأنزيم المسمى aconitase على الاضافة العسكية للماء إلى الأصرة المزدوجة للـ cis-aconitate في اتجاهين الاول يكون حامض الستريك والثاني يؤدي إلى تكوين شبيه حامض الستريك وهو isocitrate اما الأنزيم الثالث في الدورة فهو isocitratase ويحتاج هذا الأنزيم ايونات المنغسيوم او المنغنيز ويقوم باكسدة مجموعة الهيدروكسيل مع جزيئة CO₂ ويعد من الأنزيمات المنظمة في هذه الدورة ويزيد من نشاطه كل من NAD, ADP بينما يثبط بقوة بواسطة ATP, NADH يقوم الأنزيم الاخر في الدورة وهو α -Keto glutrate dehydrogenase باكسدة α -Keto glutrate وتزال منه جزيئة CO₂ ليتحول إلى Succinyl COA ويعتبر هذا المركب من المركبات الغنية بالطاقة حيث يتحول إلى GDP إلى GTP وتعطى الاخيرة مجموعاتها الفوسفاتية إلى ADP ليتكون الـ

ATP ويساعد في هذا الأنزيم Succinate Thiokinase بعد ذلك يتأكسد Succinate إلى Fumarate الذي يساعد في ذلك انزيم Succinate dehydrogenase ويرتبط بهذا الأنزيم جزيئة من المرافق الأنزيمي FAD.

الأنزيم الاخر في الدورة هو انزيم Fumarase الذي يساعد في تحويل الـ Fumarate إلى Malate اما التفاعل الاخير في الدورة فهو تحول Malate إلى oxalacetate وذلك بواسطة الأنزيم Malate dehydrogenase ، اذا القينا نظرة على دورة كريبس نلاحظ خروج جزيئتي CO₂ من هذه الدورة اي (ذرتي الكربون) لتبدأ الدورة بمركب يحتوي على ستة ذرات كاربون وتنتهي بمركب يحتوي على أربعة ذرات كاربون وهو Oxalacetate حيث تخرج جزيئتا CO₂ في التفاعل الثالث والرابع كما نلاحظ ان هناك أربعة تفاعلات شاركت فيها الأنزيمات من نوع dehydrogenase وهي التفاعلات (الثالث والرابع والخامس والسابع) بحيث اعطيت أربعة ازواج من ذرات الهيدروجين ثلاثة ازواج منها استعملت في اختزال ثلاث جزيئات من (NAD) وزوج واحد استعمل في اختزال جزيئة واحدة من FAD .

السلسلة التنفسية Respiratory chain

تعتبر سلسلة نقل الالكترونات الطريق النهائي الذي تسلكه جميع الالكترونات الماخوذه في المواد التي تعمل عليها الأنزيمات خلال عملية التنفس ويكون مصدر هذه الالكترونات (ذرات الهيدروجين) من الخطوات الأربعة التي ازيلت فيها ذرات الهيدروجين في ذرة TCA اضافة إلى الالكترونات الناتجة من ازالة ذرات الهيدوجين من البايروفيك عند تحويله إلى AacetylCO وكذلك من ازالة ذرات الهيدروجين 3-p-Glycer aldehyde في عملية الكلايكوليس والشكل التالي في الصفحة القادمة يمثل مخططا لدورة كريبس .

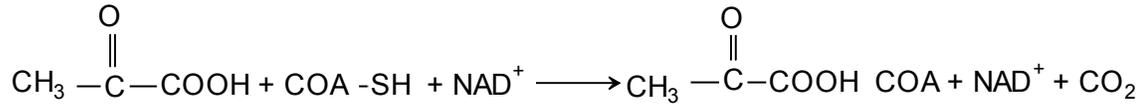
يمكن حساب المجموع الكلي لعدد جزيئات ATP الناتجة عدد اكسدة جزيئة كلوكوز واحدة بصورة تامة عند تحويل مول واحد من الكلوكوز إلى مولين حامض بايروفيك بواسطة عملية الـ Glycolysis تنتج (2) ATP حيث ان اكسدة مولين من البايروفيك ينتج 2*15=30 ATP + 2=32 وهناك ستة جزيئات من ATP تم اضافتها عند تحويل الكلوكوز إلى جزئتين من حامض البايروفيك من عملية الكلايكوليس . اي ان مجموعة ATP الناتجة عند اكسدة جزيئة كلوكوز واحدة إلى H₂O + CO₂ تساوي 38 ATP وان المعادلة الاجمالية العملية الكلايكوليس :



أكسدة حامض البايروفيك إلى Acetyl COA

لا يعتبر حامض البايروفيك من المركبات الوسيطة في دورة كريبس حيث انه من المركبات النهائية لعملية

Glycolysis ولغرض دخوله يجب ان يتأكسد إلى acetyl وذلك بفقد لجزيئة CO₂



جزيئات ATP في دورة كريبس

الخطوة	المرافق	عدد جزيئات ATP
Pyruvic → Acetyl CoA	NAD ⁺	3
Isocitrate → α -ketoglutarate	NAD ⁺	3
α -ketoglutarate → succyl CoA	NAD ⁺	3
succinyl CoA → Succinate	----	1
Succinate → fumarate	FAD	2
Malate → oxaloacetate	NAD	3

15

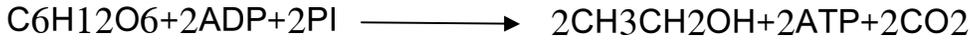
عملية Glycolysis

وهو التحلل اللاهوائي للسكر وهو المسار الرئيسي والاولي لهدم الكربوهيدرات ويعرف ايضا بمسار ايميدين-مايرهوف Embden-Myerhof نسبة إلى العالمين اللذين اكتشفا هذا المسار في بداية القرن العشرين حيث يتحول السكر الاحادي الكلوكوز في هذا المسار إلى حامض اللاكتيك lactic acid كالذي يحصل في بعض انواع البكتريا وفي الخلايا الحيوانية وخاصة العضلات وتسمى anaerobic glycolysis او إلى ايثانول كالتي تحصل في الخمائر ويسمى التخمر الكحولي Alcoholic fermentation والمعادلة الكلية لعملية انحلال الكلوكوز لاهوائيا إلى حامض اللاكتيك هي كما مبين ادناه وتتم العملية في الساييتوبلازم والغرض الاساس من عملية الكلايكوليسز هو انتاج مركب غني بالطاقة على شكل ATP وقوة مختزلة على شكل NADH وكذلك انتاج جزيئة حامض الـ Pyruvic وتتضمن عملية Glycolysis مسارين وهما

العملية الاولى



اما العملية الثانية وهي انحلال السكر (الكلوكوز) لاهوائيا ألى ايثانول فهي كما مبين ادناه :



ويشترك في العمليتين اعلاه احدى عشر انزيما ويشتركان في الأنزيمات التسعة الاولى ويختلفان في الأنزيمين الاخيرين وتقع هذه الأنزيمات في سايتوبلازم الخلية وان اول انزيم في هذه العملية هو انزيم Hexokinase والذي يفسر الكلوكوز لاعسكيا P-Glucose-6- مستهلكا بذلك جزيئة ATP وهذا الأنزيم يعتبر من الأنزيمات المنظمة لتفاعلات الكلايكوليسز اما الخطوة الثانية فهو تكوين fructose-6-P من Glucose-6-P بواسطة الأنزيم Glucose phosphate isomerase ثم يحفز انزيم (Pfk) عملية الفسفرة اللاعكسية للفركتوز-6- فوسفيت ألى fructose 1,6 phosphate مستهلكا بذلك جزيئة ATP.

اما الأنزيم الاخر في الدورة فهو fructose diphosphate aldolase حيث يؤدي ألى تكوين جزيئتي سكر فوسفات ثلاثي الكاربون وهما glyceraldehydes-3-p و fructose 1,6 diphosphate وبعد ذلك يتحول المركب الاخير ألى جزيئة اخرى من glycer aldehyde-3-p بفعل انزيم Triose phosphate isomerase لحد هذه الخطوة فان المرحلة الاولى في عملية الكلايكوليسز قد انتهت وهي تجميع السكريات البسيطة وتحويلها ألى جزيئتين من كليسر الديهايد -3- فوسفيت.

اما المرحلة الثانية وهي تحويل المركب الاخير ألى حامض مع تكوين ATP فتبدا بالأنزيم Phospho glycerate kinase الذي يحول كليسر الديهايد -3- فوسفيت ألى 1,3diphospho glycerate وبعد ذلك فان انزيم phospho glyceromutase يحفز ازاحة الفوسفات من الكاربون رقم (3) ألى الكاربون رقم (2) مكونا 2-phospho glycerate وبعد ذلك ياتي انزيم Enolase والذي يزيح جزيئة ماء من 2-phospho glycerate ليكون phospho enol pyruvate ثم يقوم انزيم بايروفيت كايبيز pyruvate kinase بنقل مجموعة الفوسفات من فوسفو انيول بايروفيت ألى ADP لتكوين بايروفيت مع ATP والبايروفيت هو المركب الوسيط الذي يعمل كحلقة رابطة للعمليات الحياتية للكلايكوليسز ودورة TCA اما التفاعل الاخير فهو اختزال Pyruvate بفعل انزيم lactate dehydrogenase حيث يتحول ألى حامض اللاكتيك lactic acid اما في عملية

التخمر الكحولي فهي مطابقة لعملية الكلايكوليس ولكنها تختلف فقط في التحولات الحياتية للبايروفيت حيث ان انزيم pyruvate decarboxylase. يحفز عملية ازالة الكربوكسيل اللاعكسية من البايروفيت مكونا acetyl aldehyde اما الأنزيم الاخر فهو انزيم Alcohol dehydrogenase فهو يحفز عملية عملية اختزال الاستيالديهيد الى ايثانول (كحول ايثيلي)+CO₂.

مسار بنتوز-فوسفيت pentose-phosphate pathway

سمي بهذا الاسم لكون الرايبوز -فوسفيت هو احد نواتج هذا المسار ويسمى ايضا بمسار فوسفوكلوكونات لكون المركب 6-phosphogluconate احد المركبات الوسطية لهذا المسار ويمثل هذا المسار طريقا اخر لاكسدة السكريات والاعراض الرئيسية له وهي :-

1. انتاج رايبوز -5-فوسفيت اللازم للتكوين الحياتي للنوكليوتيدات و الأحماض النووية .
2. انتاج الـ NADH
3. تحويل السكر السداسي الى ثلاثي -رباعي -خماسي واخر سداسي .
4. المشاركة في تكوين الكلوكوز في CO₂ في تفاعلات الظلام لعملية التركيب الضوئي .

ان المعادلة الكلية لهذا المسار هي كما مبين :



يمكن ان يتولد من هذا المسار اثنان من المركبات الوسطية من عملية الكلايكوليس مثل G-6-P Fructose 1,6-p

تحلل الكلايكوجين Glycogenolysis

وهي عملية تكسير الكلايكوجين الى جزيئات الكلوكوز حيث ينطلق الكلوكوز اثناء تقلص العضلات لغرض تزويدها بالطاقة وكذلك الى المجرى الدموي لرفع مستوى الكلوكوز في الدم عند هبوطه اثناء الصيام مثلا ويحصل التفاعل الاول في الكبد بفعل انزيم phosphorylase والذي يعمل على تحليل الأواصر الكلايكوسيدية من نوع 4 - 1 - α في جزيئة الكلايكوجين حيث ينظم افراز هذا الأنزيم هرمونا الابننفييرين والكلوكاكون وهناك انزيمات اخرى تساعد على تحلل الكلايكوجين مثل فوسفو كلوكوميوتيس phosphoglucomutase وذلك

لانتاج Glucose-6-p ويعمل انزيم اخر وهو glucose-6-phosphatase على تحويل المركب الاخير ألى Glucose-6-p والأنزيم الاخير لا يوجد في العضلة لذا فان كلايوجين العضلة لا يعمل كمصدر لكلوكوز الدم.

توليد الكلوكوز Gluconeogenesis

وهو توليد كلوكوز جديد من مركبات اولية غير كاربوهيدراتية مثل الكليسرول وحامض اللاكتيك وأحماض α - كيتو وكذلك Oxalocetete ويعد الكلوكوز مادة الوقود الاساسية في عمل الدماغ والهيكل العظمي وخلال الصيام فان للكبد مخزون من الكلايوجين تكفي لتزويد الجسم بالكلوكوز لمدة 12-24 ساعة اما في حالة الانقطاع عن الطعام لفترة طويلة فان الكلوكوز يجهز من خلال توليد السكر من الكليسرول المشتق من تحلل الكليسيريدات الثلاثية وكذلك من α - keto acids الناتجة من الهدم الحياتي للأحماض الامينية وتحدث عملية تكوين الكلوكوز في خلايا الكبد والكليتين حيث توجد الأنزيمات اللازمة لهذه العملية .

توليد الكلايوجين Glycogenesis

هي عملية تحول الكلوكوز ألى كلايوجين حيث يتم في الخطوة الاولى فسفرة الكلوكوز ألى Glucose-6-p بواسطة انزيم Glucokinase حيث ينظم هرمون الانسولين بسرعة هذا الأنزيم . ثم تحويل المركب الاخير ألى Glucose-1-p بفعل انزيم يسمى phosphoglucomutase ثم يتحول المركب الاخير مع uTP حيث يتكون النيوكليوتيد الفعال (uDPG) وذلك بتحفيز انزيم Gluco pyrophosphorylase uridire triphosphate ان جزيئات الكلوكوز المنشطة والتي هي (uDPG) ترتبط مع بعضها بأواصر كلايوسيدية لتكوين الكلايوجين وذلك بفعل انزيم Glycogen synthetase والواقع تحت تاثير هرمون الابنيفيرين .

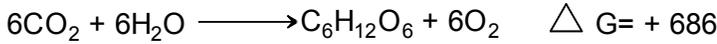
الاجسام الكيتونية Keton bodies

هي عبارة عن حامض β - *hydroxy butyric* وحامض *aceto acetic* والاسيتون حيث لا يزيد محتوى دم الانسان من اجسام الكيتون عادة عن 3 ملغم/10ملم حيث يفرز حوالي (20) ملغم من هذه الاجسام يوميا عن طريق الادرار ، يضطر الجسم في حالات معينة مثل الاصابة بمرض السكري او الامتناع عن الطعام لفترات طويلة الى استعمال الدهون كمصدر للطاقة بدلا من السكريات ونتيجة لذلك تتأكسد الأحماض الدهنية مكونة كميات كبيرة من Acetyl COA في الكبد والذي يتحول بتفاعلات خاصة الى اجسام كيتونية Keton bodies والتي تنفذ بعد ذلك الى المجرى الدموي blood stream ويعتمد مرضى السكر على اجسام كيتون الناتجة من هدم الأحماض الدهنية كمصدر للطاقة وذلك لعدم امكانية استخدام الكلوکوز لهذا الغرض وهكذا تتراكم الاجسام الكيتونية بصورة مميزة في دم المصابين بالسكري وتسمى هذه الحالة بـ (Ketosis) اي ازدياد تكون الاجسام الكيتونية وتوجد الأنزيمات اللازمة لهذه العملية في المايٹوكوندريا لخلايا الكبد والكليتين .

عملية التركيب الضوئي photo synthesis

تشمل عملية التركيب الضوئي امتصاص الطاقة الضوئية بواسطة الكلورفيل وتحويلها الى طاقة كيميائية لغرض اختزال CO₂ المجهز من الجو لتكوين الكلوکوز وفي هذه العملية يتكون الأوكسجين الجزيئي O₂ ويتحرر الى الجو وان تمويل هذه الطاقة يحدث بعملية تسمى الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation والتي تحصل في عضيات الكلوروبلاست لخلايا النبات وكما يلي :

طاقة ضوئية

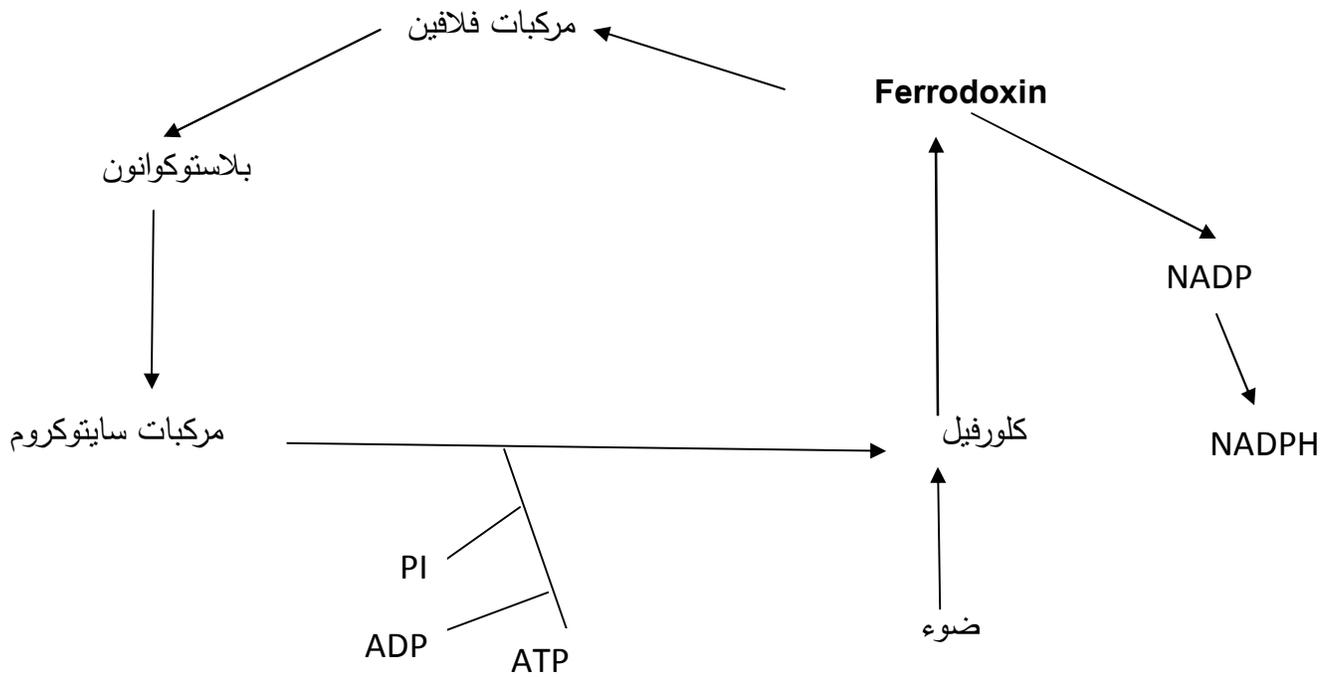


طاقة ضوئية



ان تكوين الكلوکوز من CO₂ والماء يحتاج الى اضافة كمية كبيرة من الطاقة حيث يعتمد على الطاقة الضوئية الموجودة في الكلوروفيل مما يجعل جزيئة الكلورفيل في حالة متهيجة حيث يجعل عدد الكترونات الأواصر ثنائية الكلورفيل قد انتقلت من مستوى الطاقة الاعتيادي العائد لها الى مستوى اعلى وان هذه الالكترونات المتهيجة تسري من الكلورفيل الى بروتين (ferrodoxin) لتعمل بعد ذلك على اختزال NADP الى NADPH والذي

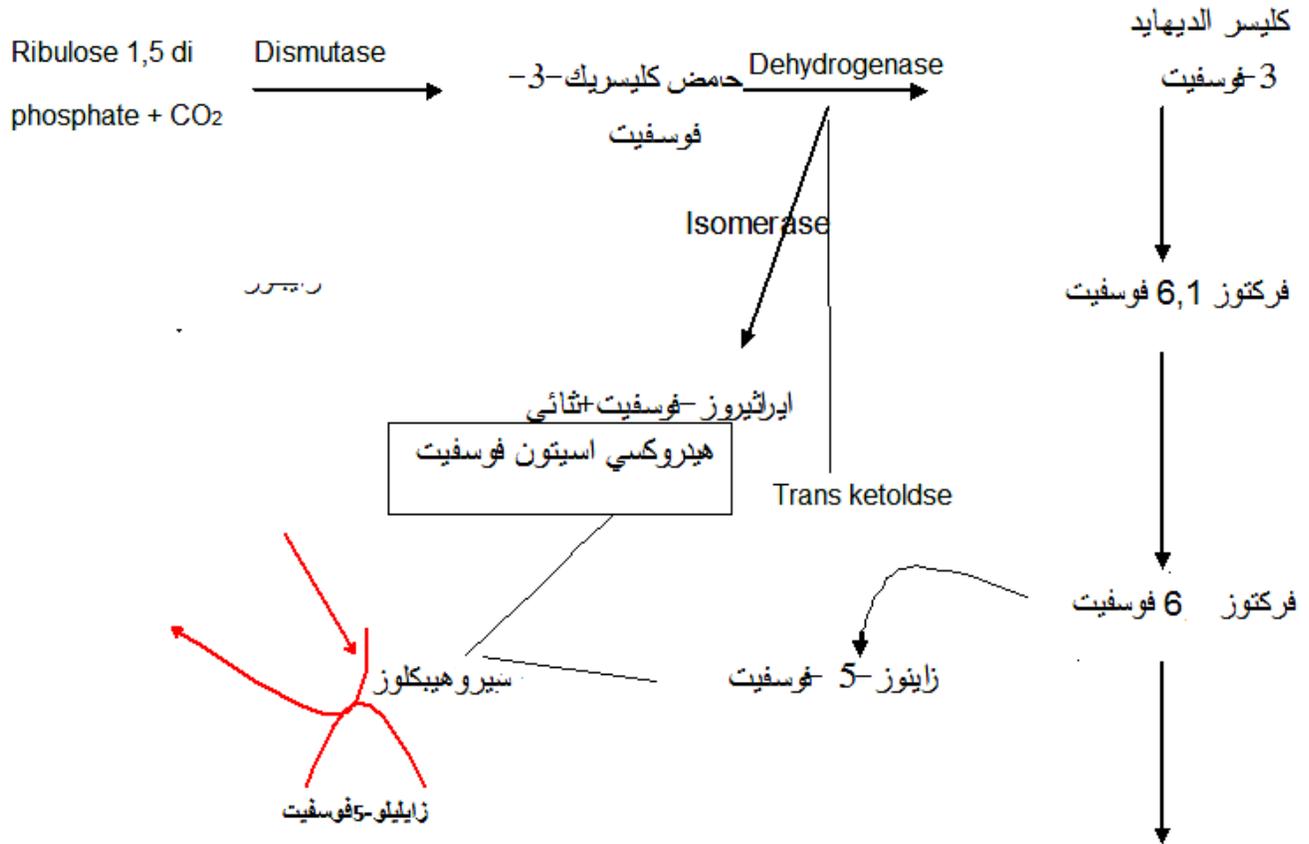
يستعمل في تفاعلات تثبيت CO_2 fixation في عملية التركيب الضوئي كما تسري بعض الالكترونات المتهيجة من صبغات السايانوكروم وبعدها تعود إلى الكلوروفيل وخلال هذه الدورة تتحرر بعض الطاقة لتصاحب تفاعل الـ ADP مع Pi لتكوين الـ ATP وتستعاد الالكترونات التي استعملت لتكوين الـ NADPH بواسطة تفاعل تقوم به ايونات الهيدروكسيل العائدة لجزيئة الماء لتكوين O_2 .



(مخطط عملية الفسفرة الضوئية في عملية التركيب الضوئي)

ان المرحلة السابقة هي تفاعلات الضوء light reaction اما تفاعلات الظلام Dark reaction فتشتمل على ادخال الكربون لتكوين المركبات الكربوهيدراتية وبالتالي هي عملية تثبيت الكربون (Carbon fixation) وتستلزم ATP و NADPH والمكونان اصلا في تفاعلات الضوء .

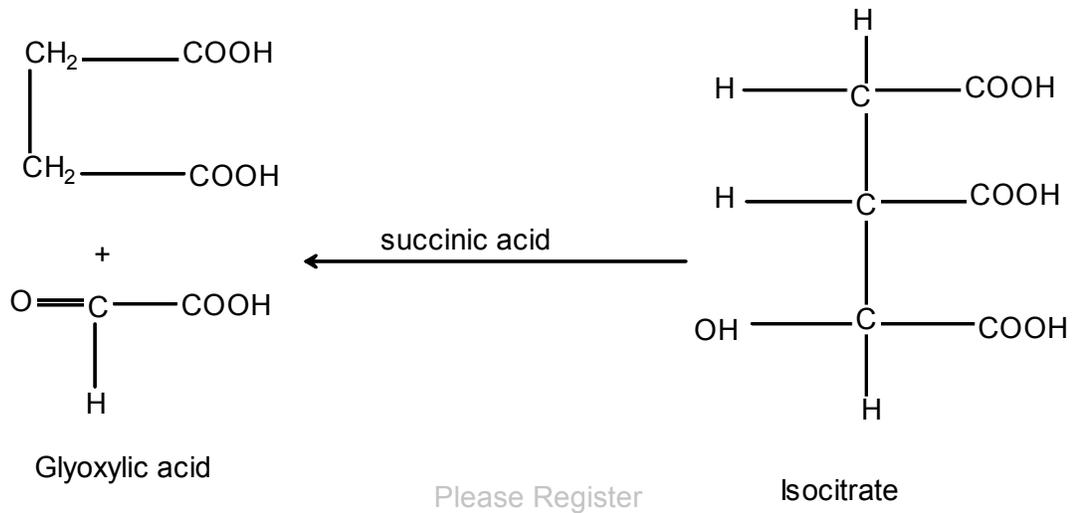
ان عملية التركيب الضوئي في الخلايا النباتية هي عمليات معقدة جدا والتي تشمل اكثر من 100 خطوة كيميائية عند انتاج جزيئة واحدة من الكلوكوز من CO_2, H_2O حيث ان كل خطوة تحفز بانزيم خاص وهناك مركبات وسطية مشتركة ما بين تفاعلات الظلام ومسار البنروز فوسفيت وكذلك عملية الكلايكوليسز Glycolysis



وقد يتكون الكلوكوز في النباتات وفي بعض انواع البكتريا والاشنات عن طريق عملية اخرى دورة Glyoxylic acid كما هو موضح في الموضوع التالي

دورة حامض الكلايوكسيليك Glyoxylic acid cycle

ان بعض انواع البكتريا والاشنات وبعض النباتات المتقدمة وفي مرحلة معينة من حياتها تستخدم الاستيات acetates كمصدر للطاقة وللكاربون لتكوين جميع مركبات الخلية حيث ان هذا يتم عبر مايسمى Glyoxylic acid cycle وتعتبر هذه الدورة مسار حياتي محور للدورة TCA حيث يتكثف acetyl COA مع ال Oxaloacetate لتكوين حامض الستريك citrate ثم ال Isocitrate كما هو الحال في دورة كريبس وبعد ذلك يعمل انزيم isocitratase على تحلل ال اسيوسنيرات الى Succinic acid و Glyoxylic acid



بعد ذلك يتم تكثيف الحامض (Glyoxylic) مع جزيء acetyl COA بواسطة الأنزيم Malate synthetase ليكون Malate بطريقة متشابهة لتكوين Citrate ومن ثم يتحول الـ Malate بطريقة متشابهة كما هي في الـ TCA إلى Oxalooacetate وفي كل دورة من Glyoxylic تدخل جزيئتان من Acetyl COA فتكون جزيئة واحدة من حامض السكسينيك وفي انسجة النباتات المتقدمة توجد عضيات تسمى Glyoxysomes تحوي الأنزيمات اللازمة لهذه الدورة .

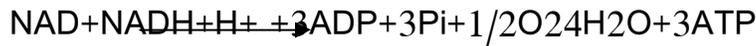
الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation

هناك نوعان من عملية الفسفرة وهما:

1- الفسفرة بمستوى المادة الاساس والتي تسمى substrate level phosphorylation وفي هذه العملية تنتج مشتقات للمادة الاساس بصيغة مفسفرة او بصيغة ثايواستر وبالتالي يستخدم هذا لانتاج ATP ومن الامثلة على ذلك هي تفاعلات انحلال السكر Glycolysis حيث يتكون المركبان 1,3 phoshoglycerate والمركب الاخر هو phoshoenol pyruvate والليذان يتفاعلان مع الـ ADP ليكونا ATP والمثال الاخر هو المركب Succinyl COA والمتكون في دورة كريبس والذي يستعمل في تحول GDP إلى GTP ويتحول الاخير بتفاعل اخر إلى ATP .

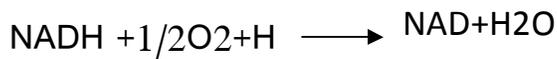
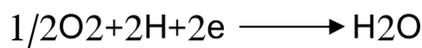
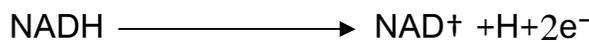
2-الفسفرة التاكسدية (الهوائية) ان الفسفرة التاكسدية لا ADP تحدث على حساب كمية كبيرة من الطاقة الناتجة عن انتقال الالكترونات خلال السلسلة التنفسية من الـ NADH إلى الأوكسجين الجزيئي .

توجد ثلاث نقاط معينة خلال السلسلة التنفسية تتحول فيها طاقة الاكسدة والاختزال لانتقال الالكترونات إلى طاقة الأصرة الفوسفاتية من الـ ATP ولهذا السبب فان الفسفرة التاكسدية تسمى ايضا بالفسفرة بالسلسلة التنفسية وان التفاعل الكلي المزوج لانتقال الالكترونات والسلسلة التنفسية هو :



ان الطاقة الكلية الناتجة عن اعادة اكسدة NADH بواسطة السلسلة التنفسية تكون كبيرة بحوالي 52.5 كيلو سعرة /مول وهكذا فان سلسلة نقل الالكترونات (السلسلة التنفسية) هي عبارة عن سلسلة منظمة تعمل على تجزئة الطاقة الحرة المتناقصة بكثرة اثناء انتقال زوج الالكترونات من الـ NADH إلى الأوكسجين الجزيئي بشكل مجموعات مفيدة من الـ ATP.

عند اكسدة الـ NADH بواسطة O₂ عبر سلسلة نقل الالكترونات فانه تنتج ثلاث جزيئات من ATP.

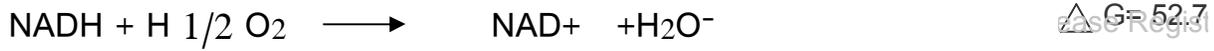


$$\Delta G = 52.7 KCal/mol$$

انتقال الالكترونات والفسفرة التاكسدية Electron transport and Oxidative phosphorylation

ان اكسدة البايروفيت إلى acetylCOA التي تحدث في المايكوتوندا تتم بواسطة المواد المؤكسدة المباشرة مثل NAD, FAD وان كمية NAD, FAD تكون محدودة في الخلية وبهذا فان مسار انحلال السكر ودورة TCA مثلا سيتوقفان عن العمل عند وقف التجهيز بهذه النيوكليوتيدات المؤكسدة والتي هي NAD, FAD وبهذا ولغرض استمرار نظام اكسدة المواد الاساس العضوية فانه ينبغي اعادة اكسدة النيوكليوتيدات نيكوتين اميد NADH والمركبات الفلافينية المختزلة وهي FADH, FADH₂ .

في الخلايا بدائية النواة تتم عملية اعادة الاكسدة هذه بواسطة انزيمات موجودة في غشاء البلازما اما في الخلايا حقيقية النواة فان الأنزيمات ومرافقاتها موجودة في الغشاء الداخلي للمايتوكوندريا مجاورة للحشوة matrix حيث يتم اختزال هذه النيوكليوتيدات في جميع الكائنات الهوائية وان المادة المؤكسدة النهائية هي الأوكسجين الجزيئي وفي حالة NADH فان التفاعل الكلي



ان الأنزيمات التي تنجز عملية الاكسدة هذه تؤلف سلسلة نقل الالكترونات والسلسلة التنفسية والتي تعمل كحاملات للالكترونات وتختزل وتتأكسد بالتعاقب .

المكونات التي تشارك في عملية نقل الالكترونات :-

توجد خمسة انواع من حاملات الالكترونات في نقل الالكترونات من المواد الاساس اثناء الاكسدة في المايتوكوندريا:

1- نيوكليوتيدات نيكوتين امايد مثل NAD^+ , NADP^+

2- بروتينات الفلافين FAD , FMN

3- بروتينات حديد غير همية مثل ferrodoxin

4- مركبات الكوانون

5- السايتركرومات

ايض الكاربوهيدرات metabolism of carbohydrates

تعد الكاربوهيدرات هي مصدر الطاقة الرئيسي للكائنات الحية وهي تكون على شكل نشأ او كلايوجين او سليلوز والذي نحصل عليه من المصادر الغذائية حيث ان هذه الجزيئات الكبيرة تتحلل اولاً في الجهاز الهضمي وتتحول إلى وحدات اصغر قابله للامتصاص ومن ثم تتحرر الطاقة على شكل ATP ويتحول قسم منها إلى كاربوهيدرات مخزونه على شكل (كلايوجين) يخزن في الكبد والعضلات) والقسم الاكبر منها يتأكسد إلى CO_2 , H_2O ويرافق ذلك تحرر طاقة اما في النبات فتتمكن الاجزاء الخضراء من صنع الكاربوهيدرات عن طريق عملية التمثل الضوئي photo synthesis ويتأكسد قسم من هذه الكاربوهيدرات المصنوعة لغرض انتاج الطاقة الضرورية للتفاعلات الحيوية في النبات اما الجزء الاخر فيتحول إلى نشأ و سليلوز .

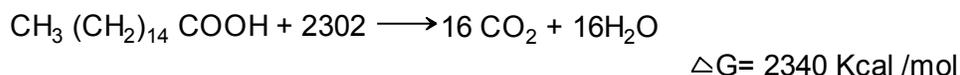
هضم الكربوهيدرات Carbohydrate digestion

يمكن تعريف عملية الهضم كيميائياً بأنها عبارة عن التحلل المائي للطعام المتناول إلى جزيئات أصغر حيث تتحول السكريات المتناولة في الطعام إلى سكريات أحادية وثنائية وإن أغلب السكريات المتناولة هي سكريات متعددة مثل النشا والكلايوجين والسليلوز حيث تبدأ عملية الهضم في الفم أثناء عملية مضغ الطعام بفعل إنزيم Amylase اللعابي والذي يفرز من الغدة اللعابية وتستمر عملية الهضم في القناة الهضمية وتستكمل في الأمعاء الدقيقة بفعل إنزيم الأميليز البنكرياسي وينتج كلوكوز طليق يمتص بواسطة جدار الأمعاء إلى الدم أما بالنسبة للسليلوز فلا يمكن هضمه من قبل معظم اللبائن وذلك لعدم وجود الأنزيمات التي تحلل الأصرة من نوع 4 - 1β والموجود في جزيئات السليلوز. أما السكريات الثنائية كالسكروز فيتحلل بواسطة إنزيم sucrase واللاكتوز يتحلل بفعل إنزيم lactase أو ما يسمى Galactosidase - β وأما المالتوز فيتحلل بواسطة إنزيم maltase. يقوم الكبد liver بخزن الكلايوجين لغرض جعل الكلوكوز جاهزاً للاستعمالات اللاحقة وليس للاغراض البنائية الخاصة بالكبد بل للحفاظ على مستوى الكلوكوز في الدم لغرض دعم الأنسجة الأخرى وخاصة الدماغ .

أيض الدهون metabolism of lipids

تخزن الليبيدات الفائضة عن حاجة الجسم بكميات كبيرة بشكل كليسيريدات ثلاثية (شحوم) حيث أنها تتحلل بسرعة لغرض تزويد الخلايا الحية بالطاقة .

2340 k cal /mol كما هو في المعادلة :



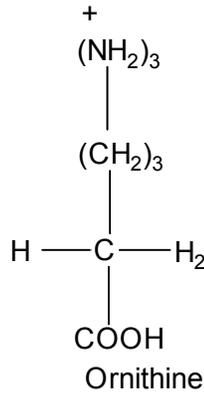
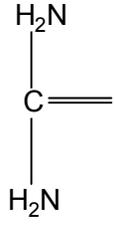
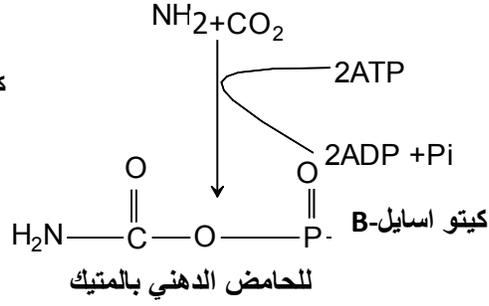
إن هذه الطاقة تحررت نتيجة للأكسدة السلسلة الهايدروكربونية المرتبطة بمجموعة الكربوكسيل للحامض الدهني .Palmitic

إضافة إلى الدهون المتعادلة كمصدر للطاقة هناك الفوسفوليبيدات والكلايوليبيدات وكذلك المركبات الستيروولية حيث تعمل هذه الأنواع الثلاثة من الدهون كمكونات أساسية للأنسجة كما أنها تعمل كمكونات للغشاء الخلوي وأغشية عضيات الخلية وللنسيج العصبي .

اكسدة الأحماض الدهنية Oxidational of fatty acids

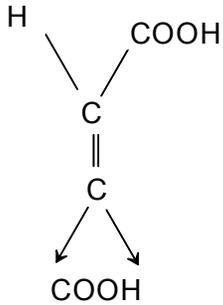
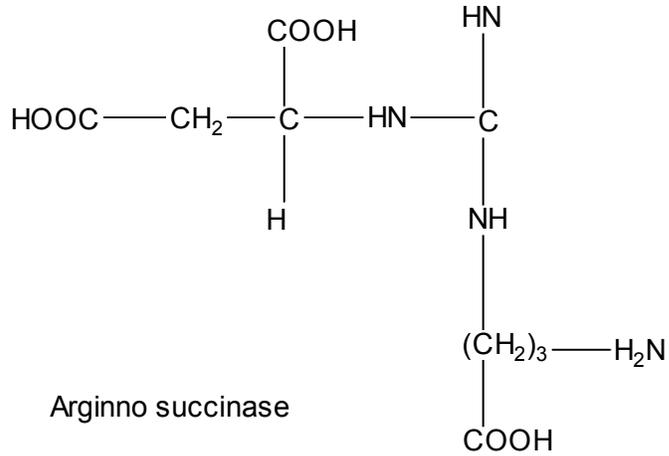
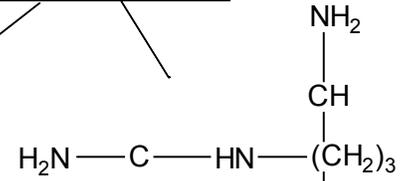
ان الأحماض الدهنية التي تتكون من هدم اي نوع من انواع الدهون تتأكسد كليا إلى H_2O , CO_2 وطاقة اما قسم الكليسرول الناتج من هدم الدهون المتعادلة فانه يتفسر في الكبد مكونا كليسرول فوسفات والذي يتأكسد إلى ثنائي هيدروكسي الاسيتون فوسفيت حيث يدخل كل من هذين المركبين مسار الكلايكوليس للكاربوهيدرات ,ان الطريق الرئيسي لهدم الأحماض الدهنية يحدث في المايتوكوندريا بواسطة اكسدة $\beta - Oxidation$ وذلك نسبة تاكسد ذرة كاربون β للحامض الدهني إلى حامض β كيتو اما الاكسدة α فتحدث نسبة ضئيله جدا في خلايا الكبد وفي البكتريا الهوائية . تشتمل عملية الاكسدة β على خمسة تفاعلات يتحول فيها الحامض الدهني ذو السلسلة الهيدروكاربونية الطويلة إلى Acetyl COA و إلى مشتق حامض دهني (اسايل دهني) يقل بذرتي كاربون الدهني الاصلية والمخطط ادناه يمثل الاكسدة β للحامض الدهني palmitic .

كيتواسايل ثايوليس



Ornithine transcarbamoylase

Pi



Please Register

التفاعل الاول هو تنشيط الحامض الدهني بفعل انزيم thiokinase حيث يتحول إلى مشتق الحامض الدهني العائد له ويعمل انزيم اخر هو Acetyl coA dehydrogenase على مشتق حامض دهني غير مشبع وذلك لوجود المرافق الأنزيمي العضوي FAD ثم بعد ذلك تضاف جزيئة H₂O بفعل انزيم enol hydrtase وتتأكسد مجموعة (OH) الموجودة عند ذرة كاربون β وينفلق ناتج التاكسد إلى جزيئتي حامض دهني له ذرتا كاربون اقل وجزيء COAacetyl بفعل انزيم thiolase حيث يضاف جزيء Acetyl COA إلى دورة كريبس ثم السلسلة التنفسية لينتج جزيء ماء و CO₂ وطاقة ويعود مشتق الحامض الدهني الجديد الناتج ليدخل مباشرة الدورة دون الحاجة إلى تنشيط ليفقد مرة اخرى ذرتي كاربون ولهذا فان حامض البالميتيك مثلا يستلزم مرور سبع مرات في مسار هذه الدورة ليكون بذلك ثمان جزيئات Acetyl COA واثناء اكسدة حامض البالميتيك فانه تتكون (7) جزيئات FADH₂ (7) جزيئات NADH ولدى دخوله هذه الجزيئات السلسلة التنفسية فانه ستنتج جزيئات ATP وكما هو مبين ادناه

$$FADH_2 (7) \times 2 = 14 \text{ ATP}$$

$$NADH (7) \times 3 = 21 \text{ ATP}$$

ATP

34 ATP

استهلك

في الخطوة الاولى من الدورة المحصلة النهائية

وعند اعادة الدورة سبع مرات فانه تتكون (8) جزيئا acetyl coA وان كل جزيئة من acetyl COA المتكونة من اكسدة حامض البالميتك ستؤدي إلى تكوين 12 ATP

سيكون المجموع الكلي

$$96 = 8 \times 12 \text{ ATP}$$

$$+ 34$$

130 ATP

الاكسدة الكاملة للحامض الدهني palmitic.

أيض الأحماض الأمينية والبروتينات metabolism of amino acids and proteins

تعد الأحماض الأمينية الوحدات البنائية للبروتينات وتحصل النباتات والكائنات المجهرية الدقيقة على النتروجين اللازم للتكوين الحياتي للأحماض الأمينية والنيوكليوتيدات بشكل ايونات النترات او بشكل امونيا غير ان الحيوانات الراقية بالرغم من استطاعتها استخدام الامونيا مصدرا نيتروجينيا لتكوين المركبات النيتروجينية الا انها تعتمد بصورة اساسية على البروتينات التي نتناولها لهذا الغرض .

تبدأ عملية تحلل الأواصر الببتيدية للبروتينات الغذائية إلى أحماض أمينية في المعدة حيث يعمل HCL المعدي على جعل الغذاء حامضيا ذو PH بين (2-3) والذي يؤدي إلى عمل انزيم الببسين . ولدى دخول السلاسل الببتيدية القصيرة والناجمة من التحلل الاولي إلى الامعاء فانها تتحلل إلى ببتيدات اصغر وإلى أحماض أمينية حرة بفعل الأنزيمات الاخرى المحللة للبروتينات والموجودة في البنكرياس مثل التريسين وكيموتريسين وكاربوكسي ببتيديز ويفرز الغشاء المخاطي للامعاء انزيمات اخرى هي Dipeptidase, aminopeptidases وهذه تعمل على تحلل الببتيدات المتبقية إلى أحماض أمينية طليقة وتقوم الامعاء الدقيقة بامتصاص هذه الأحماض بصورة غالبية بواسطة النقل الفعال وهذه تعمل على تحلل الببتيدات المتبقية إلى أحماض أمينية طليقة وتقوم الامعاء الدقيقة بامتصاص هذه الأحماض بصورة غالبية بواسطة النقل الفعال active transport ثم تنتقل الأحماض الأمينية عن طريق الدم ثم إلى الكبد وفي هدم البروتينات فان الطاقة المتولدة هي (4) سعرة حرارية /غم .

المصير الايضي للأحماض الأمينية :

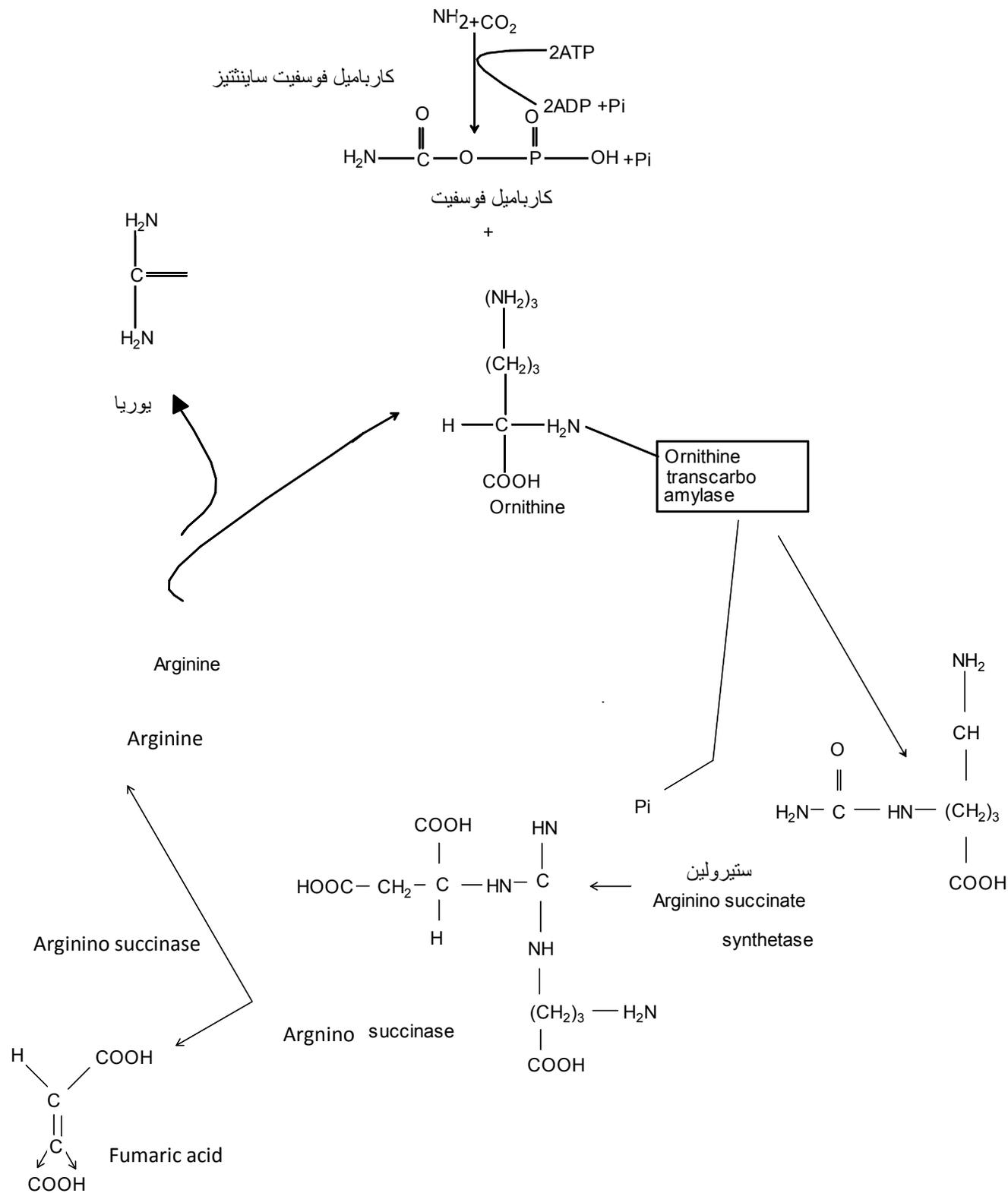
ان البروتينات و الأحماض الأمينية عادة لاتهدم لغرض الحصول على الطاقة عند توفير الكاربوهيدرات والليبيدات لدى الكائن الحي بل تستعمل الأحماض الأمينية بدلا من هذا الغرض تكوين الببتيدات والبروتينات كمصدر لذرات النتروجين لتكوين أحماض أمينية اخرى وكذلك في تكون مركبات نتروجينية وغير نتروجينية اخرى وان الأحماض الأمينية التي تزيد عن الكميات اللازمة لهذه الفعاليات الرئيسة الثلاثة تهدم بعملية حذف المجاميع الأمينية وبهذا تدخل مسارات حياتية لغرض اكمال عملية الهدم وان الزيادة من الامونيا الناتجة تطرح فيما بعد خارج الجسم وهكذا فان جميع الأحماض الأمينية عند الهدم تعطي نواتج وسطية لدورة كربيس .

دورة اليوريا urea cycle

ان الحيوانات اللبانية تحول النيتروجين الفائض عن حاجة الجسم إلى يوريا يفرز عن طريق الادرار وتحدث دورة اليوريا غالبا في الكبد غير انها تحدث بنسبة ضئيلة في الدماغ والكلية وتمتلك معظم الانسجة جميع انزيمات دورة اليوريا عدا واحدا حيث يستخدم هذا المسار في تكوين الحامض الاميني Arginine وان فقد انزيم Argininase يمنع تكوين اليوريا من الارجنين في هذه الانسجة .

في دورة اليوريا تقترن الامونيا و CO_2 مع الحامض الاميني غير البروتيني Ornithine لتكوين السترولين ثم يقترن جزيء اخر للامونيا مع السترولين لتكوين Arginine والذي يتحلل بوجود انزيم Argininase لينتج اليوريا والاورنثين وهكذا تعاد الدورة .

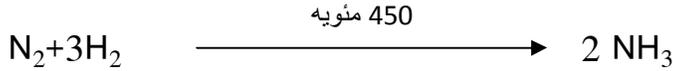
ان CO_2 و NH_3 يتفاعلان بوجود الـ ATP ويتحفيز انزيم Carbamyl phosphate synthetase لتكوين المركب Carbamyl phosphate وان استعمال جزيئتين من ATP في تكوين كوا باميل فوسفيت ضروريا لجعل التفاعل غير عكسي ولابقاء تركيز الامونيا في الانسجة وسوائل الجسم عند مستوى واطىء جدا، اما تكوين الارجنين في هذه الدورة فانه يشمل اقتران السيترولين مع حامض Aspartic لتكوين Arginino succinic والذي ينفلق إلى الحامض الاميني Arginine و Fummaric وبعد تكوين اليوريا في الكبد تنتقل إلى الكليتين عن طريق الدم ثم تفرز عن طريق الكليتين مع الادرار .



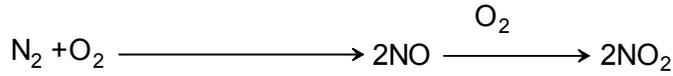
مخطط دورة اليوريا

تثبيت النيتروجين Nitrogen Fixation

تعد عملية تثبيت النيتروجين ثالث عملية يوريا حياتية بعد التركيب الضوئي وعملية التنفس وان النباتات وبعض الكائنات المجهرية تستطيع استعمال الامونيا لهذا الغرض بينما الانواع المختلفة من الحيوانات تحتاج الى مصدر غذائي لبعض الأحماض الامينية على الاقل وان عملية تحويل النيتروجين الجزئي N₂ الى احد الاشكال اللاعضوية مثل NH₃, NO₂, NO₃ بواسطة الكائنات المجهرية تسمى عملية تثبيت النيتروجين .
يمكن تثبيت الـ N₂ بشكل NH₃ تحت ظروف خاصة بطريقة غير حياتية تدعى طريقة Haber وكما هو مبين :



او عن طريق التفريغ الكهربائي كما يحدث خلال زوابع البرق



غير ان تثبيت النيتروجين الحياتي يحدث بفعل الأنزيمات تحت ظروف طبيعية



ويتم تثبيت النيتروجين حياتيا اما بواسطة كائنات مجهرية غير تكافلية (اي تعيش باستقلال) مثل الاشنيات او بواسطة الرايزوبيا التي تعيش مع جذور فول الصويا او الباقلاء .

ان معقد الأنزيم الذي له قدرة على تثبيت النيتروجين يسمى Nitrogenase ويتالف من بروتين محتوي على حديد وبروتين اخر محتوي على حديد والمولبيديوم .

(الفصل التاسع)

الهرمون Hormone

يعرف الهرمون بأنه مراسل كيميائي chemical messenger ينشأ من خلية حية وينتقل مسافة ألى النسيج الهدف target tissue عن طريق الدم ,ويتداخل الهرمون مع النسيج الهدف وذلك باتحاده مع مستقبل متخصص specific receptor في النسيج الهدف فيتولد عن ذلك استجابة داخل خلية للقيام باحد الاعمال التالية :-

- 1.تنظيم عملية البناء synthesis او تفويض (هدم) الأنزيمات .
2. تنظيم فعاليات activities الأنزيمات داخل الخلية اثناء عمل الهرمون .
- 3.تغير تركيب الاغشية الخلوية بحيث تنظيم عبور المركبات الايضية metabolites .

مستقبلات الهرمونات Hormones receptors

للهرمونات مجموعتان من المستقبلات حسب موقعها في الخلية :-

- 1- مستقبلات تقع على سطح جدار الخلية وتكون هذه الهرمونات متخصصة الهرمونات catecole amines وهرمونات متعدد الببتيد poly peptides
- 2- مستقبلات تقع في سايتوبلازم الخلية cytoplasmic receptors حيث تمون متخصصة للهرمونات الستيرويدية steroid hormones

تصنيف الهرمونات Hormones classification

تشق الهرمونات من مصادر مختلفة ويمكن تصنيفها ألى أربعة اصناف رئيسية وهي :-

- 1- هرمونات مشتقة من النايروسين مثل هرمونات الكاتيكل امين وهرمونات الغدة الدرقية thyroid glands
- 2- هرمونات مشتقة من الدهون وتشمل الستيرويدات وهرمونات البروستوكلاندين والتي تشق من الحامض الدهني Arachidonic acid

3- ببتيدات بسيطة :- وهي oligo peptides ومثال على ذلك هرمون الغدة الدرقية المتحرر والذي يحتوي على ثلاثة أحماض امينية وكذلك هرمون الكلوكاكون والذي يتكون منى (29) حامض اميني وهرمون (ACTH) Adreno cortico tropon H () والذي يحتوي على (39) حامض اميني .

بروتينات :- وهي هرمونات تحتوي على عدد كبير من الأحماض الامينية اي اكثر من (50) حامض اميني بحيث يجعلها في مرتبة البروتينات مثل هرمون parathyroid ويحتوي على (84) حامض اميني وكذلك هرمون النمو Growth hormone والذي يحتوي على (191) حامض اميني .

الهرمونات Hormones

الغدد الرئيسية الصماء endocrine glands مع الهرمونات التابعة لها .

ت	الغدة والهرمونات التابعة لها	الطبيعة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	هرمون النمو GH سوماتوتروبين Somatotropin	ببتيدة متعددة Polypeptide	الكبد Liver	انتاج سوماتوميدين الذي يعمل على العضاريف والعظام لتحفيز النمو
2	برولاكتين Prolactin	ببتيدة متعددة	الغدة اللبنية	تحفيز انتاج الحليب
3	ثايروتروبين Thyrotropin (TSH)	Glycoprotein كلايكوبروتين	الغدة الدرقية	تكوين وافراز هرمون الثايروكسين
4	الهرمون المنبه للخلايا البينية Luteinizing H.(LH)	Glycoprotein كلايكوبروتين	النسيج الدهني المبيض الانثيان	تحلل الدهون تحفز انبثاق البيض وبروجستيرون وافراز اندروجين
5	الهرمون المنبه للجريب Follicle stimulating H.(FSH)	Glycoprotein كلايكوبروتين	المبيض الانثيان	تطوير الجريب مع LH يحفز تكوين الحيامن

ت	الغدة الصماء والهرمونات التابعة لها	الطبيعة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	Adrenocorticotropin (ACTH)	ببتيدة متعددة	قشرة الكظر Adrenal cortex	تكوين هرمونات ادرينوكورتيكال ستيرويد
2	الهرمون المنبه للخلاية النخامية Melano cyte stimulating H(MSH)	ببتيدة متعددة	خلايا سحامية	تكوين صبغة الميلانين

ملاحظة : جميع الهرمونات التي ورد ذكرها اعلاه تابعة للفص الامامي للغدة النخامية .

هرمونات الفص الخلفي للغدة النخامية

ت	الغدة الصماء والهرمونات التابعة لها	الطبيعة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	Oxytocin	ببتيدة متعددة	العضلة الملساء	التقلص _ المخاض
2	Uassopressin	متعدد ببتيدي	الشرايين	زيادة ضغط الدم
3	هرمون كابيت لافراز البول Antiuretic h.	متعدد ببتيدي	انبيبات الكلى	اعادة امتصاص الماء

ت	الغدة الدرقية Thyroid gland	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	Thyroxin (T2)	حامض اميني غير بروتيني	عام	زيادة استهلاك الأوكسجين
2	Triiodothyronine(T3)	أحماض امينية متحدة مع اليود	عام	زيادة ضغط الدم
3	Calcitonin	ببتيدة متعددة	الهيكل	ايض الكالسيوم والفوسفات

الغدة جنب الدرقية Parathyroid

ت	الغدة الدرقية Thyroid gland	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	Parathromine	متعدد ببتيدي	هيكل - كلية قناة معدية ومعوية	زيادة امتصاص الكالسيوم في العظام وزيادة امتصاص الانبيبات لايون Ca^{+2} في المعى
2	Calcitonin	متعدد ببتيدي	الهيكل	ايض الكالسيوم والفوسفات

لب الكظر

ت	الغدة الدرقية Thyroid gland	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	ابينيڤيرين epinephrin (adrenaline)	حامض اميني مشتق	القلب والعضلات الملساء والشرابين	زيادة النبض وضغط الدم وتقلص معظم العضلات الملساء
2	نور ابينيڤيرين (نورادرينالين)	حامض اميني مشتق	الشرابين	زيادة النقلص والمقاومة الميحية

ت	الغدة الصماء مع هرموناتها	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	القشرة الكظرية Adrenal cortex cortisol	ستيرويد	عام	ايض البروتينات والكاربوهيدرات واللييدات واخمد الالتهابات
2	الدوستيرون	ستيرويد	عام	اعادة امتصاص الصوديوم وافراز البوتاسيوم

الغدة البنكرياسية

ت	الغدة الصماء مع هرموناتها	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	انسولين	متعدد بيتيد	عام النسيج الدهني	استخدام الكربوهيدرات تكوين الدهن
2	كلوكاكون	متعدد بيتيد	Adipos tissue النسيج الدهني والكبد	تحلل الكلايكونجين ويحضر تحرر الدهون

الغدة المبيضية (ovaries)

ت	الغدة الصماء مع هرموناتها	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	Test sterone	ستيرويد	الاعضاء الجنسية	البلوغ

ت	الغدة الانثائية	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	Testosteron تيسستيرون	ستيرويد	اعضاء الجنسية	البلوغ
2	التونه (الغدة الصعترية) thymus	ستيرويد	الغدة اللمفاوية	تنظيم التركيب والوظيفه
3	الغدة الصنوبرية (Pineal)		5-Methoxy-N-acetyl tryptamine	
4	ميلاتونين (MLT) Melatonin		خلايا ناقلات السحامين (ميلانين)	تجميع الصبغات
5	القناة الهضمية Castrin	متعدد بيتيد يحتوي كبريت	المعدة	افراز الحامض
6	Secritin	متعدد بيتيد	البنكرياس	افراز عصارة البنكرياس
7	Chole cystokonin	متعدد بيتيد	البنكرياس	تقلص وافراز

الآلية عمل الهرمون mechanism of hormone action

يؤثر الهرمون في النسيج المستهدف target tissue وذلك باتجاه مه المستقبل receptor فيتم تنظيم فعالية الأنزيم الموجود في النسيج فاما يعمل على تنشيطه او تثبيطه وفي كلتا الحالتين فهناك نظامان لتنظيم الأنزيمات من قبل الهرمونات تستند ألى موقع المستقبل في الخلية .

النظام الاول وهو الهرمون الذي يرتبط بالمستقبل الموجود على جدار الخلية

هناك عدد كبير من الهرمونات لكل منها مستقبل نوعي خاص يتحد به فيعمل الهرمون - المستقبل المعقد (Hormon -receptor - complex) على تنشيط انزيم (Adenylate-cyclase) حيث مرتبط بغشاء الخلية فبحفز تحويل ATP ألى AMP الحلقي والذي يسمى (CAMP) 3,5cyclic mono phosphate adenosine عند تكوين AMP الحلقي داخل الخلايا المستهدفة فانه يعمل كرسول ثاني second messenger ليقوم كوسيط (mediator) لفعاليات عدد كبير من الهرمونات وتشمل هذه الفعاليات ما يلي :-

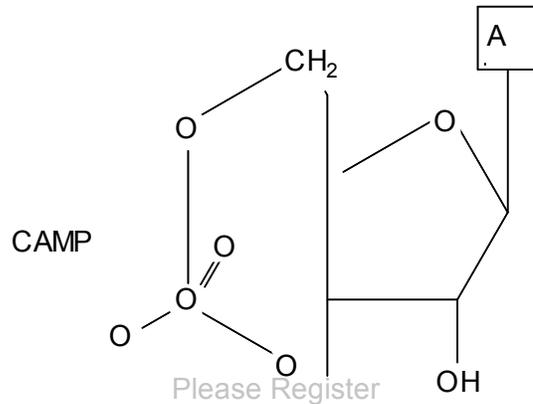
أ-تنشيط نقل المواد خلال الاغشية الخلوية

ب- بناء البروتين داخل الشبكة الاندوبلازمية .

ج- تفاعلات النواة والتي تشمل تكوين الأحماض النووية

د-تحلل الدهون lipolysis

هـ- تحلل الكلايوجين Glycogenolysis



وان اهم ملامح نظام المرسل الثاني second messenger هو ان الهرمون الذي يعد مرسلا اول داخل الخلية واما (CAMP) والذي يتكون داخل الخلية هو الذي ينوب عن الهرمون لكي يكون وسيطا له داخل الخلية ليؤدي وظيفة الهرمون .

2. الهرمون الذي يرتبط بالمستقبل داخل السايوتوبلازم

ان النوع الاخر من الهرمونات يشمل السيترويدات وهرمونات Thyroid وهرمون 1,25 dihydroxy cholecalciferol تدخل من خلال غشاء الخلايا الهادفة فتتحد مع المستقبل في السايوتوبلازم مكونه المستقبل - الهرمون المعقد الذي يتحد مع موقع معين على الـ DNA ويؤدي إلى تنشيط activation وتنشيط inhibition جين معين specific gene في DNA . وينتج ذلك تكوين RNA الساعي (المرسل) messenger RNA الذي يوجه تكوين انزيم معين فيستجيب إلى فعل الهرمون .

الوظائف الفسلجية والحياتية للهرمونات

1- بناء البروتين Protein synthesis يعمل هرمون النمو على زيادة نقل الأحماض الامينية إلى خلايا العضلات لغرض بناء البروتين وكذلك يؤدي إلى بناء البروتين في عدة انسجة من الجسم .

2- ايض الدهون lipids metabolism

يعمل على هدم Catabolism ثلاثي اسيل كليسترول في الانسجة الدهنية Adipose tissues فتكون الأحماض الدهنية والكليسرول .

3- ايض المعادن Mineral metabolism

تؤدي الهرمونات إلى توازن الكالسيوم والمغنسيوم والفوسفات

4- ايض الكاربوهيدرات Carbohydrate metabolism

يزيد من معدل نسبة السكر في الدم فيعمل على تكوين الكلايكونين وان عمله هو عكس عمل الانسولين

نوعية الافراز في الغدد

يمكن تقسيم الغدد على اساس ذلك إلى :

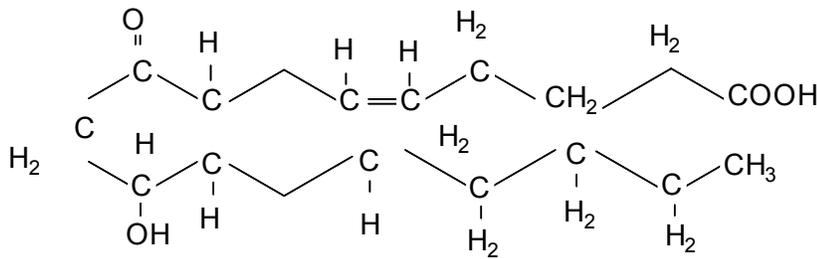
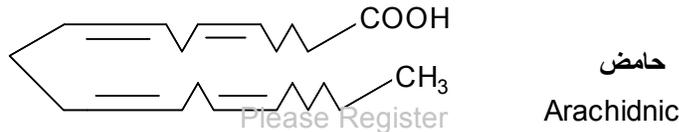
1- غدة خارجية في الافراز Exocrine glands في هذه الحالة فغدد الجسم تمتلك قنوات تصب فيها افرازاتها من الهرمونات وتسمى غدد كهذه بخارجية الافراز كالغدد اللعابية والمعدية .

هناك مجموعة اخرى من الغدد تصب افرازاتها مباشرة ألى الدم لا يصلها ألى الانسجة المستهدفة وتسمى بالغدد الصماء Endocrine glands او تسمى بالغدد عديمة القنوات والامثلة عليها كثيرة كالغدد النخامية والصنوبرية والكظرية.....الخ .

ومثل هذه الهرمونات تنتج في عضو غير الذي تظهر فعاليتها فيه ويتراوح تركيز الهرمونات بصورة عامة بين 10^{-6} _ 10^{-12} mol الهرمونات والفيتامينات تشترك بصفة واحدة وهي ان الجسم يحتاجها بكميات قليلة جدا . تسمى الهرمونات التي توجد في النباتات بمنظمات النمو مثل الاوكسينات والجبريلينات وبصورة عامة فان الهرمونات في الحيوان او النبات تؤثر في النسيج المستهدف لتحفيز تغيرات كيميائية تؤدي ألى استجابة العضو المستهدف ألى التغيرات البيئية .

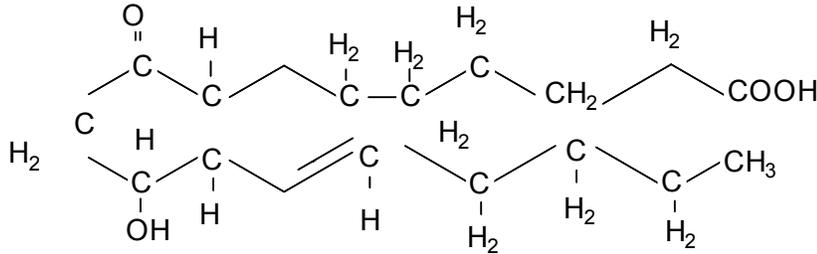
البروستوكلاندين Prostoglandins

هي من عائلة الأحماض الدهنية غير المشبعة التي تحتوي على 30C المحتوية على حلقة خماسية ونظرا لعمل مركبات البروستوكلاندين ضمن الخلية المنتجة لها لذا فان هذه المركبات ليست هرمونات حقيقية لكنها تتوسط عمل الأنزيمات وبهذا فهي تعمل كرسول ثان بعد الهرمون الاول ويتضمن عمل البروستوكلاندين في تغير مستويات النيوكليوتيدات الحلقية وتشترك هذه المركبات مع هرمونات كايبتول امين في صفة واحدة وهي القابلية على زيادة مستوى CAMP في بعض الخلايا وخفضه في خلايا أخرى.



Prostglandin E₂

يشير الحرف E إلى موقع مجموعة الهيدروكسيل والكيتون على الحلقة كما يشير العدد -2- إلى وجود اصرتين مزدوجتين في المركب كما يوجد (E1) Prostaglandin (ويعني ان هناك أصرة مزدوجة واحدة فقط في المركب



Please Register
Prostaglandin E₁

Catabolic hormones الهرمونات الهدمية

تشمل الهرمونات التي تحفز التفاعلات الهدمية وتتضمن الكلوكاكون والابنيفيرين ونور ابنيفيرين .

GIUcagon الكلوكاكون

هرمون متعدد الببتيد يفرز بواسطة الخلايا في البنكرياس وكذلك بواسطة خلايا متشابهة موجودة في الغشاء المخاطي المعوي وعمله الاساس هو تحفيز عملية تحلل الكلايوجين Glycogenolysis في الكبد والتي تتوسطها عملية تحويل phosphorylase غير المنشط إلى المنشط وبهذا فان هرمون الكلوكاكون يفرز استجابة للمستويات الواطئة للكلوكوز في الدم (Hypoglycemeia) وهكذا فان عمله مضاد لعمل الانسولين وهناك تأثيرات اخرى للكلوكاكون فهو يحفز انزيم hormone sensitive lipase في النسيج الدهني adipose tissue وقد تستعمل الأحماض الدهنية الناتجة مصدرا بديلا للطاقة موفرة بذلك الكلوكوز وهكذا يزداد مستوى الكلوكوز في الدم (hyperglycemia) .

2-هرمون ابنيفيرين ونور ابنيفيرين

كلا الهرمونين ذا تاثيرات مشابهة للكلوكاكون غير ان نور ابنيفيرين مثلا يعمل كمادة ناقلة للنبضات العصبية Neurotransmitter في الجهاز العصبي السمبثاوي ويحتمل ان يكون عمله محفزا لعملية تعبئه الدهون (تحرير الأحماض الدهنية من الانسجة الدهنية وتحويلها إلى لبيدات تنقل بواسطة الدم) بواسطة تحفيزه انزيم

(lipase) في الانسجة الدهنية اما النور ابنفيرين يملك تاثيرات قليلة على عملية تحلل الكلايكوجين وزيادة مستوى الكلوکوز في الدم (Glucose level in blood) وبالتالي انتاج وزيادة في الطاقة ومن الممكن ان يكون العمل المهم للابنفيرين هو عمله كموثر على الياف العصب التي تحرر نور ابنفيرين عند نهايات العصب مما يؤدي الى تثبيط عملية تحرر الانسولين حتى اثناء زيادة مستوى الكلوکوز في الدم وبالتالي انتاج زيادة من الطاقة .

ان الهرمونات ابنفيرين ونور الابنفيرين ضرورية للحيوان فهي تمكنه من مواجهة الظروف البيئية الملحة حيث تعمل الهرمونات في تحفيز انتاج زيادة من الطاقة في الحالات الطارئة ان الحامض الاميني (Tyr) يعمل كمركب وسطي intermediate compound لتكوين هذه الهرمونات .

هرمون كورتيسول Cortisol

تنتج القشرة الكظرية (Adrenal cortex) وبتحفيز من هرمون (Adreno cortico tropic) والمتحرر من الفص الامامي للغدة النخامية وللکورتيزول تاثيرات عديدة على العمليات الحياتية الوسطية لايض الدهون والبروتينات والكاربوهيدرات واغلب تاثيراته هي معادلة تاثير الانسولين حيث يؤدي الى زيادة مستوى الكلوکوز في الدم (hyper glycemia) مما يسبب مرض السكر الدائم كما ان للکورتيسول تاثير هدمي على البروتينات وذلك اما باثباط بناء البروتين او بشكل غير مباشر عن طريق زيادة عملية تكوين الكلوکوز في الكبد من الأحماض الدهنية fatty acids في الانسجة وتحويلها الى ببتيدات تنقل بواسطة الدم مما يؤدي الى زيادة الدهون في المنطقة الوسطية للجذع وكذلك في الوجه. عند ازالة القشرة الكظرية (مصدر هرمون الكورتيزول) في اي حيوان فان الحيوان سوف يموت وفي حالة فقدان وظيفتها جزئيا فان ذلك سوف يؤدي الى احتباس (K) وزيادة في طرح (Na) و (Cl) وكذلك يؤدي الى ضعف العضلات ونقصان في كلايكوجين الكبد .

الالية العامة لاسلوب عمل الهرمونات Hormones mechanism

هناك خمسة مواقع عامة لعمل الهرمونات وهي

1-حث تخليق الأنزيمات Induction of enzyme synthesis على مستوى النواة مثل هرمون Thyroxin والهرمونات الستيرويدية حيث انها تكون مرتبطة في بلازما الدم مع بروتينات ناقلة Transporting proteins وان هذه الهرمونات تعمل على حث تكوين mRNA في نواة الخلية المستهدفة Target cell وهكذا فانها تؤدي الى زيادة تخليق انزيم معين او مجموعة انزيمات محفزة لاحد المسالك الايضية .

2-حث تخليق الأنزيمات على مستوى الرايبوسومات

تظهر بعض الهرمونات (هرمون النمو مثلا) تأثيرها على جهاز تخليق البروتينات على الرايبوسومات اي على مستوى ترجمة (transation) المعلومات الوراثية المحتواة في mRNA .

3. التنشيط المباشر على المستوى الأنزيمي

من خلال تعريض نسيج معين في الكائن الحي ألى بعض الهرمونات نلاحظ التغيرات السريعة والمباشرة للفعاليات الأنزيمية ويفسر ذلك بتاثيره على تنشيط المستقبل receptor

4.تأثير الهرمونات على مستوى الغشاء الخلوي Hormonal Action at the membrane level

تلعب العديد من الهرمونات على نقل مختلف المواد عبر الغشاء الخلوي مثل الكربوهيدات ,الأحماض الامينية والنوية والـ cation ترتبط هذه الهرمونات نوعيا (specifically) بالاغشية الخلوية وتؤدي ألى تغيرات ايضية ثانوية حيث تنشيط عمل الأنزيمات المرتبطة بالغشاء الخلوي .

5.علاقة الفعالية الهرمونية بمستوى CAMP

قد يرتفع مستوى CAMP اوينخفض نتيجة للفعالية الهرمونية كمايختلف باختلاف النسيج المستهدف فمثلا يؤدي الكلوكاكون و ألى زيادة كبيرة في مستوى CAMP في الكبد بينما يؤدي ألى زيادة ضئيلة في مستواه في العضلات .