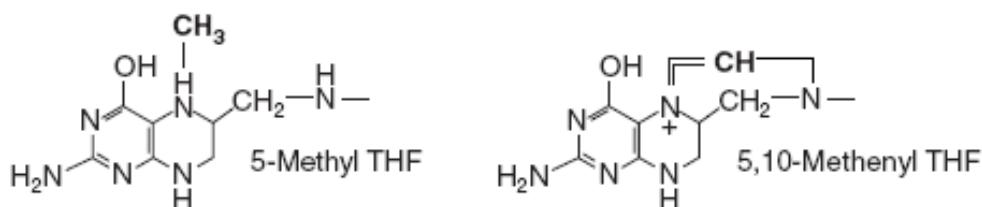
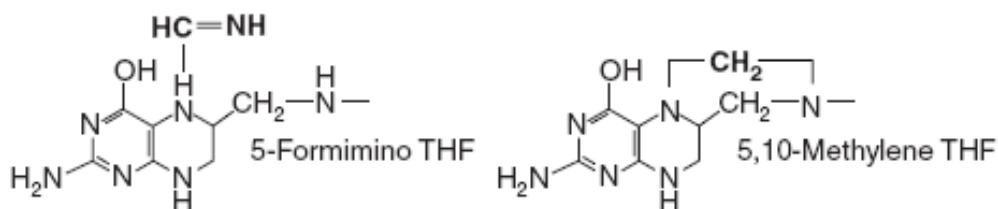
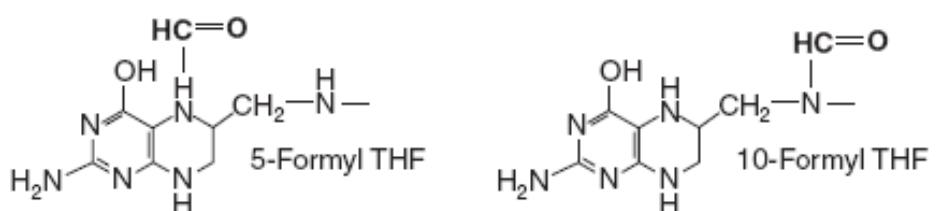
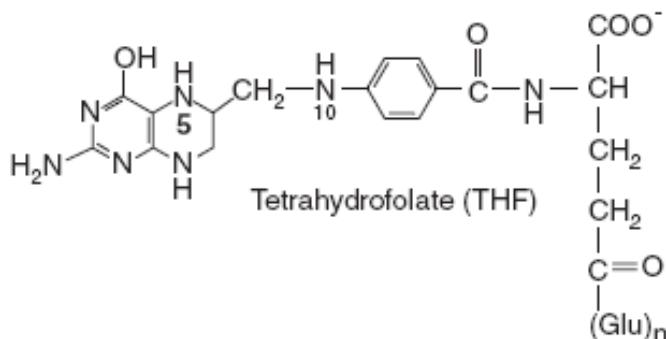


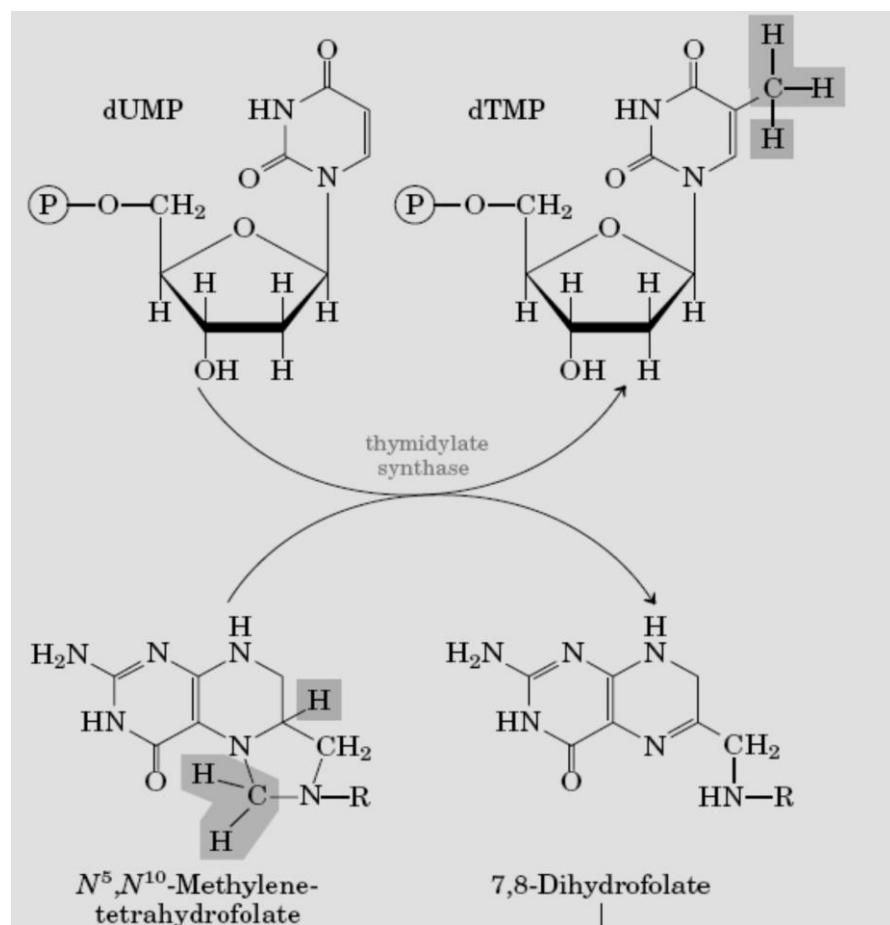
حامض الفوليك Folic acid (الفولات Folacin)

الصفات العامة:

- ١- يتكون حامض الفوليك من نواة بتریدين Pteridine وإذا أضيف إلى هذه النواة مركب البارأمينو حامض البنزوبيك يكون ما يسمى بحامض بتيرويك Pteroic acid وهذا الاخير يرتبط بالحامض الأميني الكلوتاميك مكوناً مايسمي بتيرويل حامض الكلوتاميك Pteroylglutamic acid (الشكل ٩-١٤).
- ٢- حامض الفوليك بلورات صفراء اللون قليلة الذوبان في الماء وثبتت في المحاليل القاعدية وغير ثابت في المحاليل الحامضية أو عند تعرضه للضوء.
- ٣- يكثر في الكبد والكلويتين والخميره وكذلك في الخضراء ذات الأوراق الخضراء الداكنة كالسبانخ واللهاة ويوجد في البقوليات كالفاصلوليا والعدس.
- ٤- يتحول حامض الفوليك إلى الشكل المختزل الفعال وذلك بعد إضافة أربع ذرات هيدروجين ليكون حامض رابع هيدروفوليك (THF) Tetrahydrofolic acid على ذرة كاربون واحدة من مركب إلى آخر (مثلاً: مثيل CH_3 ، هيدروكسى مثيلين CH_2OH ، فورميل CH_2CHO ، مثيلين CH_2 ، فورميدين $\text{CH}=\text{NH}$ ، مثينيل $\text{CH}=\text{NH}$). وهناك ثلاثة أنواع من مساعدات الإنزيم تعود لحامض رابع هيدروفوليك تتضمن (الشكل ٩-١٤):
 - أ- فورميل حامض رابع هيدروفوليك . Formyl FH_4
 - ب- مثيلين حامض رابع هيدروفوليك . Methylene FH_4
 - ج- مثينيل حامض رابع هيدروفوليك . Methenyl FH_4



إذ يكون الهدف من إضافة ذرة كاربون واحدة هو تكوين القواعد النيتروجينية (البيورينات والبريميدينات) وفي تكوين كريات الدم الحمر وبناء RNA وDNA وأيضاً الأحماض الأمينية على سبيل المثال تحويل الحامض الأميني الكلاسيين إلى السيرين والهوموسين إلى الميثيونين والفينايل الألانين إلى التايروسين وكذلك عملية مثيلة Methylation حامض الديوكسي يوريديليك Deoxyuridylic acid(dUMP) إلى حامض ديوкси ثايميديليك (dTDP) (الشكل ٩-١٥). Thymidylate synthase

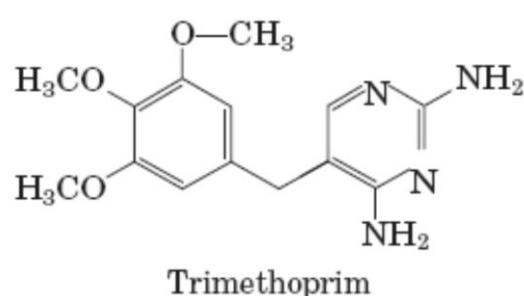
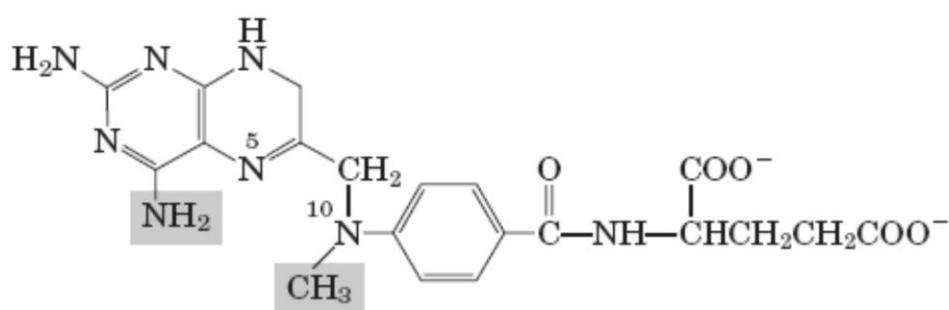


الشكل (٩-١٥): معادلة تحول dUMP الى dTMP بفعل إنزيم ثايميديليت سنتيز .Thymidylate synthase

- ٥- تستطيع بكتيريا الأمعاء بناء هذا الفيتامين ولكن قد تحدث حالات النقص نتيجة وجود خلل في عملية امتصاصه من قبل الأمعاء أو بسبب الحاجة المتزايدة من قبل أنسجة الجسم المختلفة.
- ٦- للفيتامين أهمية في النساء الحوامل نظراً لاحتاجتهم الإضافية لكميات من الفيتامين وذلك لمتطلبات نمو الجنين وكذلك للتغيرات الهرمونية التي تحدث أثناء الحمل إذ يحمي ضد العيوب الخلقية والعصبية للجنين وكذلك له دور في الحماية ضد الأمراض القلبية مع فيتامينات (B₆ و B₁₂) وبعض الأمراض السرطانية.

- ٧- نقصه يؤدي إلى حدوث فقر الدم التضخي Megaloblastic anemia الذي يتميز بكريات الدم الحمر الكبيرة الحجم مع زيادة عدد كريات الحمر غير الناضجة Megaloblastosis المكونة في نخاع العظم. كما يسبب نقصه التهابات اللسان والإسهال واضطرابات في الجهاز الهضمي والعصبي فضلاً عن عدم مقدرة الجسم على تكوين RNA و DNA.
- ٨- يشارك حامض الفوليك وفيتامين B_{12} في تحول الهاوموسستين إلى الميثيونين (الشكل ٩-١٣). وبالتالي فإن نقص حامض الفوليك (أو فيتامين B_{12}) يؤدي إلى زيادة الهاوموسستين وزيادة احتمالية حدوث حالات تصلب الشرايين وارتفاع ضغط الدم Hypertension.

٩- مضادات الفوليت تعرف بأنها مركبات تتدخل مع تكوين المرافقات الإنزيمية لحامض رابع هيدروفوليك THFA وحامض ثانوي هيدروفوليك DHFA وبالتالي فهي تعمل على نقصان أو تثبيط تكوين هذه المرافقات الإنزيمية. من هذه المركبات الأمينوبترین Aminopterin والاميثوبترین Amthopterin (يعرف بالميتوتركسیت Methotrexate) (الشكل ٩-١٦) التي تستخدم لعلاج سرطان الدم الحاد والتراميتوبریم Trimethoprim لمعالجة الاصابة بالبكتيريا وبعض أنواع الملاريا من خلال تثبيطها إنزيم ثانوي هايدروفوليت ريدکتیز Dihydrofolate reductase ويكون ارتباطها بشدة بمقادير ألف ضعف من ارتباط المادة الأساسية الطبيعية. وهكذا فإن هذه المضادات تعمل على منع استخدام الفوليت وثانوي هيدروفوليت وتؤدي إلى عدم اشتراكها في عملية تكوين البيورينات ونيوكليوتيدات الثايميين ومن ثم عملية تكوين الـ DNA.

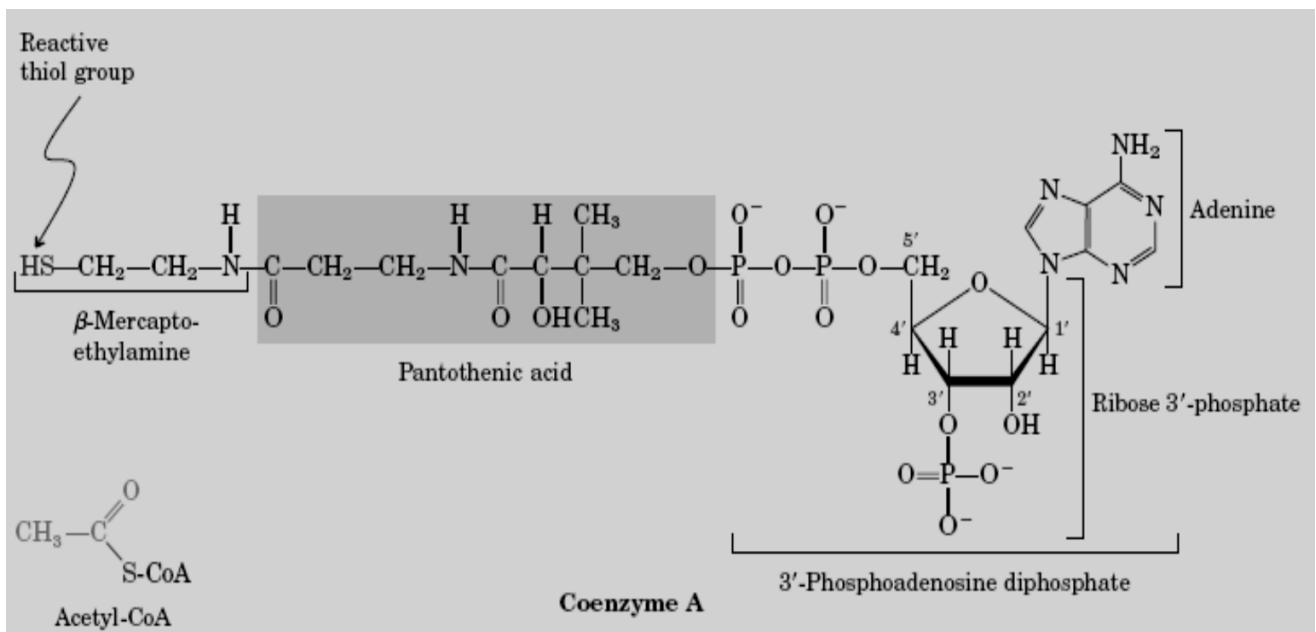


الشكل(٩-١٦): بعض مضادات الفوليت.

حامض البانتوثينيك Pantothenic acid

الصفات العامة:

- يتكون حامض الانتوئين من اتحاد بيتا - ألانين ومركب هيدروكسي مثيل حامض البيوتاريك Hydroxy methyl butyric acid (الشكل ٩-١٧).
- حامض الانتوئين مادة زيتية صفراً شاحبة لا تتبلور وتذوب في الماء والكحول وغير ثابتة في الوسط الحامضي أو القاعدي وتتأثر بالحرارة.
- يكثر الفيتامين في صفار البيض والكبد والكليتين واللحماء واللحوم الحمراء والحليب وتعد الخميرة من أغنى مصادره كما يوجد في البقوليات والحبوب والخضراوات كالقرنبيط والطماطة والبطاطا.
- يدخل الفيتامين في تركيب المرافق الإنزيم A (الشكل ٩-١٧) ومختصره CoA أو CoASH والذي يتواجد بكثرة في الأعضاء النشطة كالكبد والكليتين والدماغ والقلب والمجموعة الفعالة في CoASH هي مجموعة الثايل (SH-) التي ترتبط عن طريقها بالمجاميع المختلفة. إذ يدخل في العديد من العمليات الأيضية الكاربوهيدراتية والدهون والبروتينات على سبيل المثال : يدخل مرافق الإنزيم A مع الإنزيمات التي تتضمن نقل مجموعة الأسيتاييل أو نقل مجموعة الأسييل Acyl carrier (ACP) أو نقل مجموعة السكسيتاييل أو نقل البنزوويل فضلاً عن دخوله في بناء وأكسدة الأحماض الدهنية وبناء الكوليستيرول وعمليات الاستلة Acetylation .



الشكل (٩-١٧) : حامض الانتوئين Pantothenic acid ومرافق الإنزيم A وأسيتاييل مرافق الإنزيم A (Acetyl CoA A).

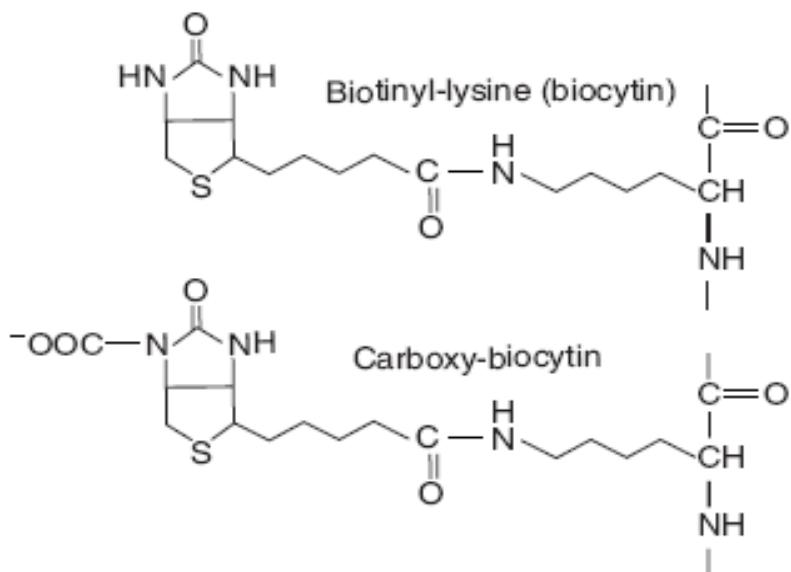
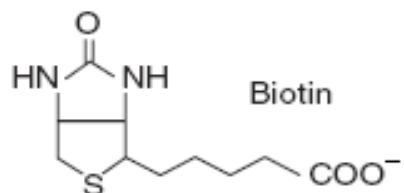
- يمكن تكوينه داخل الجسم عن طريق بكتيريا القولون *E. coli* .
- يعد الفيتامين ضروريًا للنمو ونقصه يؤدي إلى اضمحلال القشرة الادرينالية والتهاب المعدة والأمعاء وتساقط الشعر (داء الثعلبة) وتحول الشعر إلى اللون الأبيض فضلاً عن أمراض قد تظهر عند نقصه مثل الصداع والإعياء والغثيان والأرق والألم في البطن والأحساس الشاذة (غير الطبيعية) في الساقان والأقدام.

الباليوتين Biotin (فيتامين H)

يسمى أيضاً بفيتامين 8 (Vitamin 8) وبمرافق الإنزيمي R (Coenzyme R) وهو من فيتامينات B المعقدة.

الصفات العامة:

- 1- الباليوتين مركب حلقي مشتق من البيروريا ويدخل الكبريت في تركيبه وله ثمان أيزومرات وأحد هم نشط فقط على صورة D باليوتين ويكون مرتبطاً بالحامض الأميني الالايسين ويطلق عليه الباليوسينتین Biocytin (الشكل ٩-١٨).

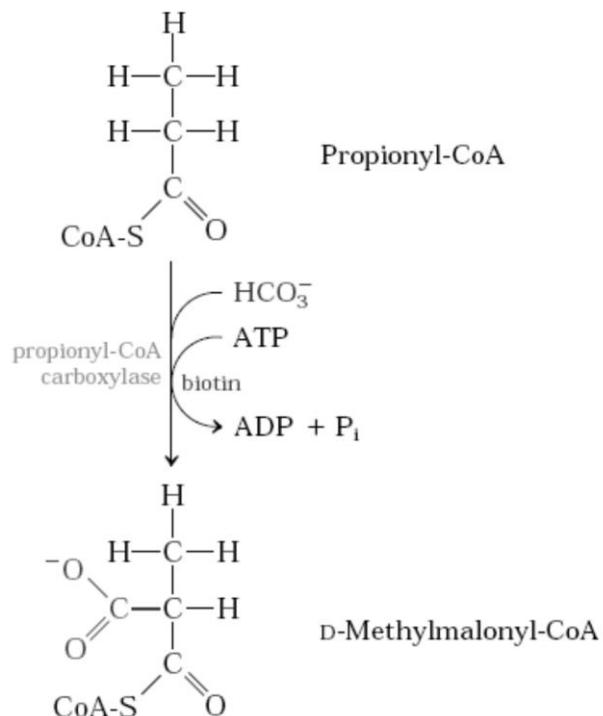


الشكل (٩-١٨): الباليوتين Biotin والباليوسينتین Biocytin وكاربوكسى باليوسينتین Carboxy-biocytin

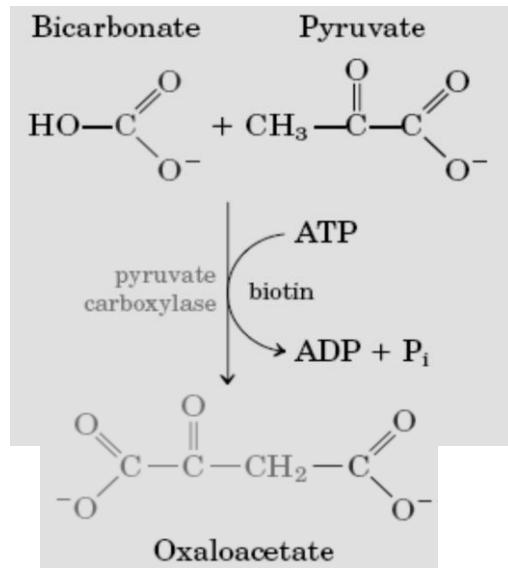
٢- الباليوتين بلورات أبلورية الشكل عديمة اللون تذوب قليلاً في الماء ولكن تذوب في الكحول والاسيتون وهو ثابت في المحاليل القاعدية والحامضية وثابت نسبياً بالمعاملات الحرارية والتصنيعية.

٣- يكثر الفيتامين في الذرة وفول الصويا والكبد وصفار البيض والخميرة وفي الخضروات كالطماطة.

- ٤- القسم الأكبر من البايوبتين يصنع في بكتيريا الأمعاء ويتركز تواجده في الكبد والكليتين.
- ٥- إن مادة الأفدين Avidin تعد من المواد المضادة للبايوبتين والتي لها المقدرة على الارتباط بالبايوبتين وتؤدي إلى قلة امتصاصه والتقليل من التوفير الحيوى له. إذ تتوارد الأفدين في بياض البيض. فضلاً عن ذلك فإن العقاقير نوع سلفا Sulpha drugs تؤدي نفس المفعول في إعاقة امتصاص البايوبتين.
- ٦- الشكل الفعال للبايوبتين يدخل عاماً مراهقاً لإنزيمات الكاربوكسيليز Carboxylase والتي تتضمن تفاعلاتها إدخال ثاني أوكسيد الكARBون (CO_2) في مسارات بناء الكلوکوز (كلايوجنسis Gluconeogenesis) وبناء الأحماض الدهنية كما في الأمثلة الآتية:
- أ- تفاعل تحول البروبونيل CoA إلى D- مثيل مالونيل CoA بفعل إنزيم البروبونيل CoA كاربوكسيليز Propionyl-CoA carboxylase أدناه:



ب- تفاعل تحول البايروفيت إلى الاوكز الواستيت بفعل إنزيم بايروفيت كاربوكسيليز Pyruvate carboxylase عند بناء الكلوکوز كما في المعادلة الآتية:



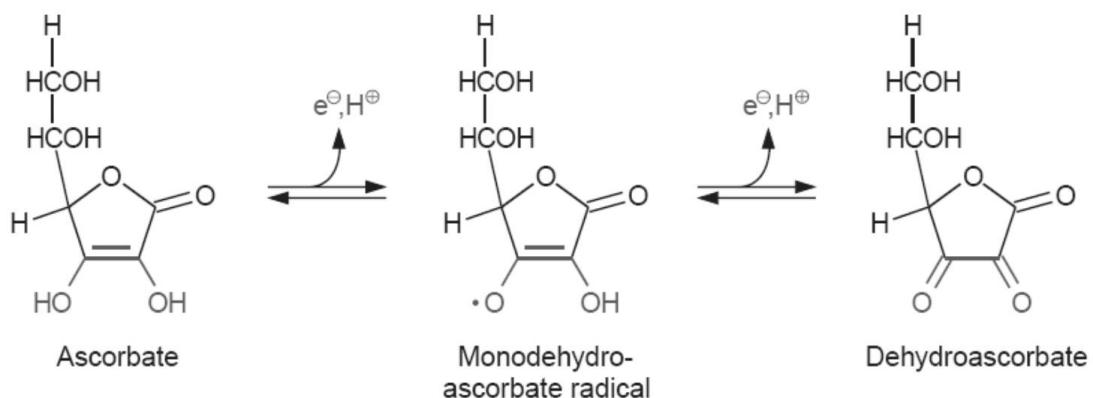
إذ تدخل جزيئه CO_2 إلى البايوفتدين ليكون N- كاربوكسي بايوتين ومن ثم تمنحها إلى مادة الأساس لتحول إلى ناتج مضاد له CO_2 .

٧- عند استهلاك مواد تعيق عملية امتصاص البايوفتدين يؤدي إلى ظهور أعراض نقصه وهي:
التعب الشديد، فقدان الشهية، الصرع، الأرق، الغثيان والدوار والتقيؤ. وهناك أعراض فسيولوجية منها التهاب الجلد وتقشره والتهاب الغدد الدهنية يصاحب ذلك ارتفاع بمستوى كوليستيرول الدم وانخفاض مستوى الهيموكلوبين نتيجة العجز في عملية أيض الدهون والكاربوهيدرات.

فيتامين C (حامض الأسكوربيك)

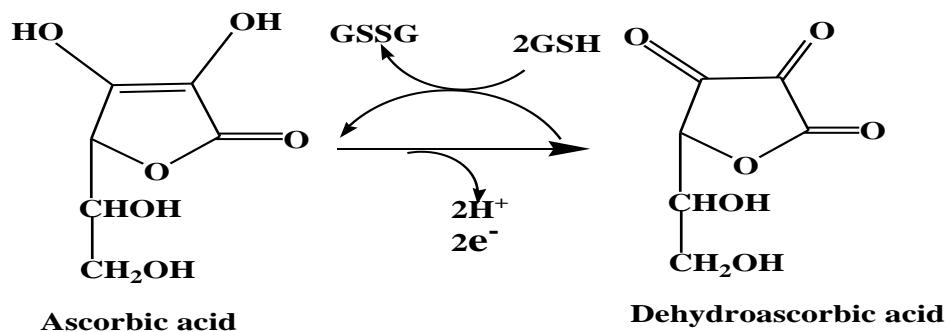
يعد فيتامين C من مشتقات السكريات السادسية (الكلوکوز) التي عانت من أكسدة لتكون السكريات الحامضية.
الصفات العامة:

- ١- إن فيتامين C هو من أحد أنظمة الأكسدة والاختزال Redox system إذ يمكن أن يكون ثلاثة أشكال وهي (الشكل ٩-١٩):
 - أ- الشكل المختزل L- حامض الأسكوربيك L-Ascorbic acid الذي يعد الشكل الفعال للفيتامين.
 - ب- حامض ديهيدرو L- حامض الأسكوربيك Dehydro L-Ascorbic acid الذي يمثل الشكل المؤكسد للفيتامين.
 - ج- أحادي ديهيدرو L- حامض الأسكوربيك Monodehydro ascorbic acid (المركب الوسطي خلال عملية أكسدة الفيتامين او اختزاله والحاوي على جذر حر).



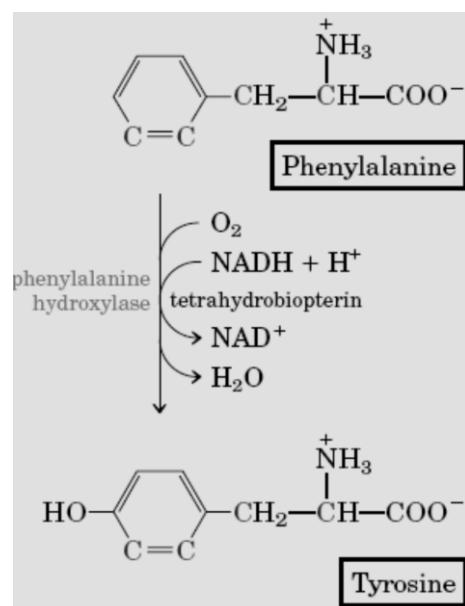
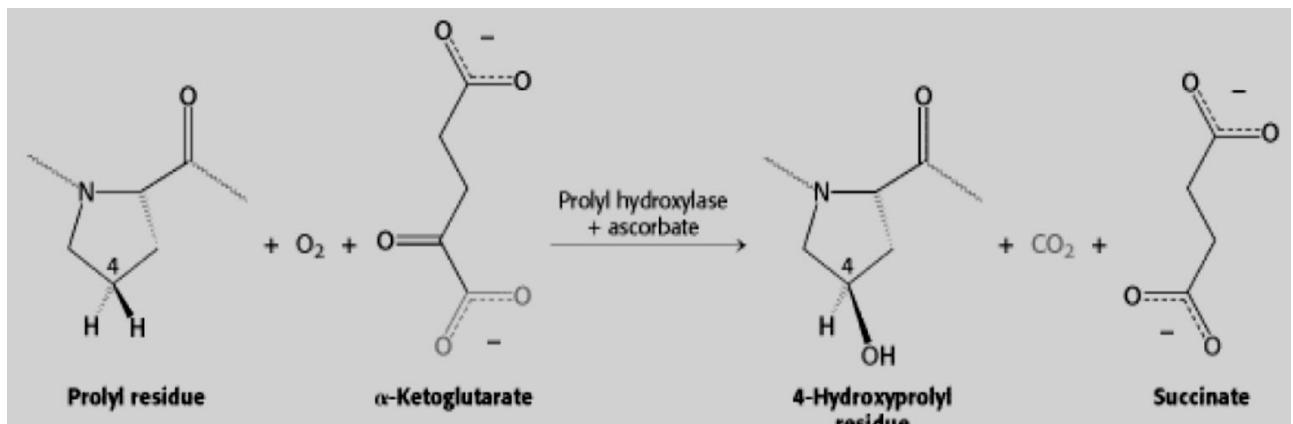
الشكل (٩-١٩): أشكال فيتامين C.

- ٢- يكثُر فيتامين C في الفواكه بصورة عامة وخاصة الحمضيات ويكثُر أيضًا في الخضروات مثل الطماطة والفلفل والقرنبيط وغيرها.
- ٣- عملية تقويض حامض الأسكوربيك في الجسم يمكن أن تنتج عنها كميات من حامض الاوكزاليك وحامض الثيرونيك والتي في حالة زيادة فيتامين C أكثر من الحدود الطبيعية في الجسم ممكن أن تسبب تكوين حصوات في الكلى من نوع أوكزالات الكالسيوم.
- ٤- يتَحول ديهيدرو حامض الأسكوربيك إلى حامض الأسكوربيك في الجسم كما في المعادلة الآتية :



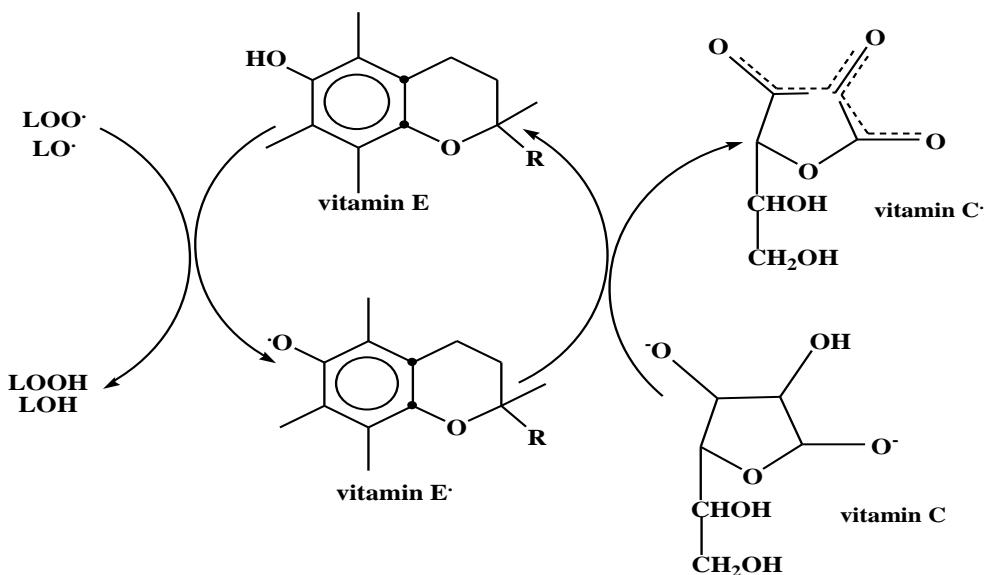
٥- لفيتامين C عدة وظائف:

- أ- يعد مِرافقاً إنزيمياً Coenzyme يساعد في عملية إدخال مجموعة الهيدروكسيل لعديد من المركبات الحياتية منها الأحماض الأمينية البرولين واللايسين(كما في المعادلة أدناه) في عملية بناء الكواليجين الذي يعد أحد البروتينات المهمة لتكوين الأنسجة كالجلد والغضاريف والعظام والأسنان وبالتالي فإن له دور أيضاً في التئام وشفاء الجروح والحرائق أيضاً.



جــ دور فيتامين C مضاداً للأكسدة إذ يعد من مضادات الأكسدة الذائبة في الماء ويعمل على إزالة أصناف الأوكسجين الفعالة (ROS) على سبيل (Reactive oxygen species)

المثال يتفاعل بسرعة مع سوبرأوكسيد السالب (O_2^-) وجذر الهيدروكسيل (OH^-) وبيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2)، فضلاً عن تحويل جذر فيتامين E المؤكسد إلى شكله المخترل الفعال (الشكل ٩-٢٠) وبالتالي فهو يعمل على تقليل الأكسدة الحاصلة في الجسم ومن ثم فهو يقلل الكرب التأكسدي Oxidative stress والقليل من تلف الأنسجة.



الشكل (٩-٢٠): مخطط يوضح كيفية مشاركة فيتاميني C و E لإزالة مرکبات الأكسدة الناتجة من عملية بيروكسدة الدهن Lipid peroxidation.

د- ينشط عملية امتصاص الحديد خلال الأمعاء الدقيقة من خلال اختزاله للحديد غير الذائب وغير القابل للامتصاص إلى الحديدوز القابل للامتصاص فضلاً عن دوره في عملية ترسيب وتخزين الحديد في الجسم خاصة الكبد من خلال تحويل بروتين الحامل للحديد الترانسفررين Transferrin إلى بروتين المخزون للحديد الفرتين Ferritin وبالتالي فله دور غير مباشر في تكوين الهيموكلوبين.

هـ له دور في اختزال حامض الفوليك إلى رابع هيدرو حامض الفوليك Tetrahydrofolic acid الذي يخزن في الجسم على هذه الصورة.

و- نتيجة لفعاليته مضاداً للأكسدة فإنه يثبط عملية تحلل الطعام المطبوخ او المخزون عند إضافته بكميات محدودة.

ي- يدخل أيضاً في العديد من العمليات الأيضية المختلفة مثل أيض الكوليستيرول وأيضاً العقاير وبناء الكارتنين Carnitine.

ز- يتداخل خلال تكوين نايتروزامين Nitrosamine بوساطة تفاعله مباشرة مع النايتريدات Nitrites وبالتالي يمكن أن يقلل من خطر الإصابة بالسرطان الذي يدخل مركب نايتروزامين أحد المركبات التي تعمل على حدوث السرطانات المختلفة.

ر- يخفض أعراض الزكام ويخفض أيضاً خطر الإصابة بنخر العظام Osteoporosis.

٦- جميع النباتات واغلب الحيوانات يتكون فيها حامض الأسكوربيك من D- كلوكوز و D- كالاكتوز، ففي الحيوانات يبدأ بناؤه من D- كلوكوز أما في النباتات فعملية البناء تكون معقدة إذ له مساران بنائيان لتحويل D- كلوكوز و D- كالاكتوز إلى حامض الأسكوربيك. إن عدم مقدرة الإنسان على بناء حامض الأسكوربيك يعود إلى عدم امتلاكه إنزيم الاوكسidiز Oxidase الذي يحول مركب حامض الكولونك L-Gulonic acid إلى حامض الأسكوربيك.

٧- نقصه يسبب مرض الاسقربوط Scurvy وفقر الدم فضلاً عن بطء التئام الجروح وفقدان المادة اللاحمة في العظام والأسنان.