٧- الفيتامينات Vitamins

الأستاذ الدكتور عبد الحميد يوسف عبد الرحمن

مقدمة :

الفيتامينات مواد غذائية ضرورية مثل الأحماض الأمينية ، وأخذت أهمية كبيرة عند علماء التغذية . وتقسم الفيتامينات الى فيتامينات ذائبة فى الدهن أو فيتامينات ذائبة فى الماء.

الفيتامينات الذائبة فى الماء:

الفيتامينات الذائبة فى الماء لها تركيب كيماوى متنوع ولكنها تتشابه فى خواصها حيث أن جزيئاتها قطبية وبالتالى تكون ذائبة فى الماء. ومن الفيتامينات الذائبة فى الماء فيتامينات B المركبة ماعدا فيتامين Cobalamine B_{12} حيث يمكن أن يتكون فى النباتات وبذلك يوجد فى البقوليات والحبوب الكاملة والخضروات الورقية والخمائر كذلك فى اللحوم واللبن وحيث أنها ذائبة فى الماء فان فيتامينات B وفيتامين C ليس لهما صفة تخزينية ثابتة لذلك يجب أن يمد بها الجسم باستمرار فى الوجبات الغذائية أما فيتامين B_{12} فيوجد طبيعيا فى كبد الأنسان ويمكن أن يخزن لعدة سنوات ويمد الجسم وكل الفيتامينات الذائبة فى الماء فيما عدا فيتامين C فتعتبر كمرافقات أنزيمية Coenzymes أو عوامل مساعدة Cofactors فى التفاعلات الأنزيمية .

فيتامينات B المركبة :

مجموعة فيتامين B المركبة المهمة فى التغذية للأنسان هى كالآتى:

١- الثيامين (فيتامين ب ١ B1) Thiamin

٢- الريبوفلافين (فيتامين ب٢ B2) Riboflavin

٣- حمض البانثوثنيك (فيتامين ب٥ B5) Panthothenic acid

٤- النياسين (حمض النيكوتينك) Nicotinic acid

٥- البيرودوكسين (فيتامين ب٦ B6) Pyridoxine

٦- البيوتين Biotin

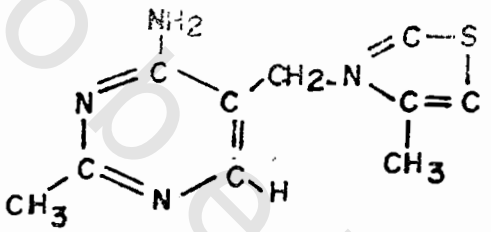
٧- الكوبالامين (ب ١٢ B12) Cobalamin

٨- حمض الفوليك (Pteroyl glutamic acid) Folic acid

حيث أن هذه الفيتامينات ذائبة فى الماء فهذه الفيتامينات يمكن تستخلص من البول ونادرا ماتسبب سمية ونقص هذه الفيتامينات نادرا مايحدث حيث أنها تكون متشابكة مع الفيتامينات الأخرى.

الثيامين Thiamin:

الثيامين يتكون من Pyrimidine المرتبط بـ Thiazole والارتباط عن طريق قنطرة الميثلين Methylene bridge (شكل ٧-١) .



2,5, Dimethyl 6-aminopyrimidine thiamin.

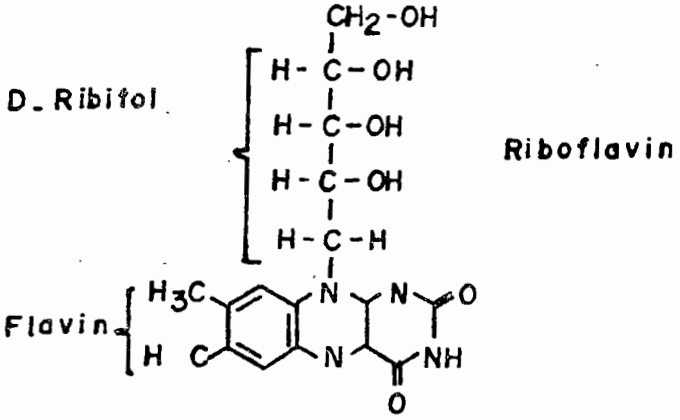
شكل ٧-١: الصيغة البنائية للثيامين.

الثيامين يوجد فى معظم النباتات والأنسجة الحيوانية المستخدمة كغذاء ولكن بكميات صغيرة والحبوب غنية به لذلك يوصى بتقوية منتجات الحبوب مثل المكرونة والدقيق والخبز ونقصه بسبب الأمراض خاصة مرض Alcoholism (التسمم الكحولى من أفراط شرب الخمر) كذلك بعض الأسماك تحتوى أنزيم thiaminase المحطم للثيامين حيث أن هذا الأنزيم مقاوم للحرارة

والثيامين يمتص فى الامعاء ولكنه لايخزن فى الجسم والزيادة منه تخرج مع البول ولذلك فهو لايسبب أى سمية.

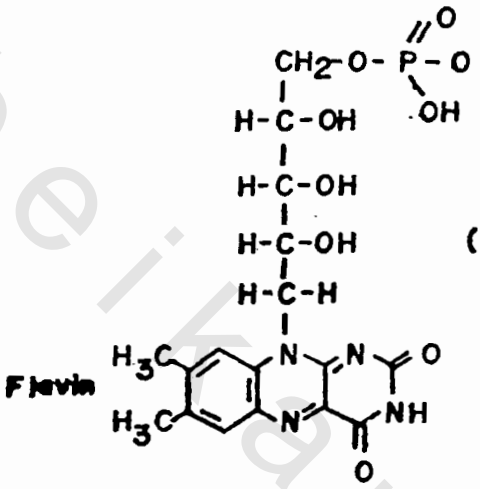
الريبوفلافين Riboflavin:

الريبوفلافين يتكون من تركيب حلقى متصل بسكر الريبتيول والحلقة تحتوىعلى روابط مزدوجة (شكل ٧-٢) لذلك فان الريبوفلافين يعتبر صبغة ملونة ذات خواص فلوروسنتية.



شكل ٧-٢: الصيغة البنائية للريبوفلافين .

الريبوفلافين مقاوم للحرارة ولكنه يتحطم بالضوء المباشر ويتكون بداخل النباتات وكثير من البكتيريا ولكنه لايتكون داخل الحيوانات الراقية ويمتص بواسطة الأمعاء الدقيقة حيث تحدث له عملية فسفرة Phosphorylation حيث يتحول الى Riboflavin phosphate (شكل ٧-٣) .



شكل (٧-٣) الصيغة البنائية لمركب فوسفات الريبوفلافين Riboflavin phosphate أو (فلافين أحادى النيكليوتيد flavin mononucleotide (FMN) والريبوفلافين الزائد يخرج مع البول لذلك فلا يسبب تسمم.

النياسين Niacin & Niacinamide:

النياسين أو حمض النيكوتنيك هو مشتق من البيريدين (شكل ٧-٤) حيث أنه مركب غير سام مشتق من مركب سام هو نيكوتين الدخان Toxic alkaloid , nicotine of tobaco والنباتات ومعظم الحيوانات يمكنها تكوين هذا الفيتامين من الحمض الأمينى التربتوفان.

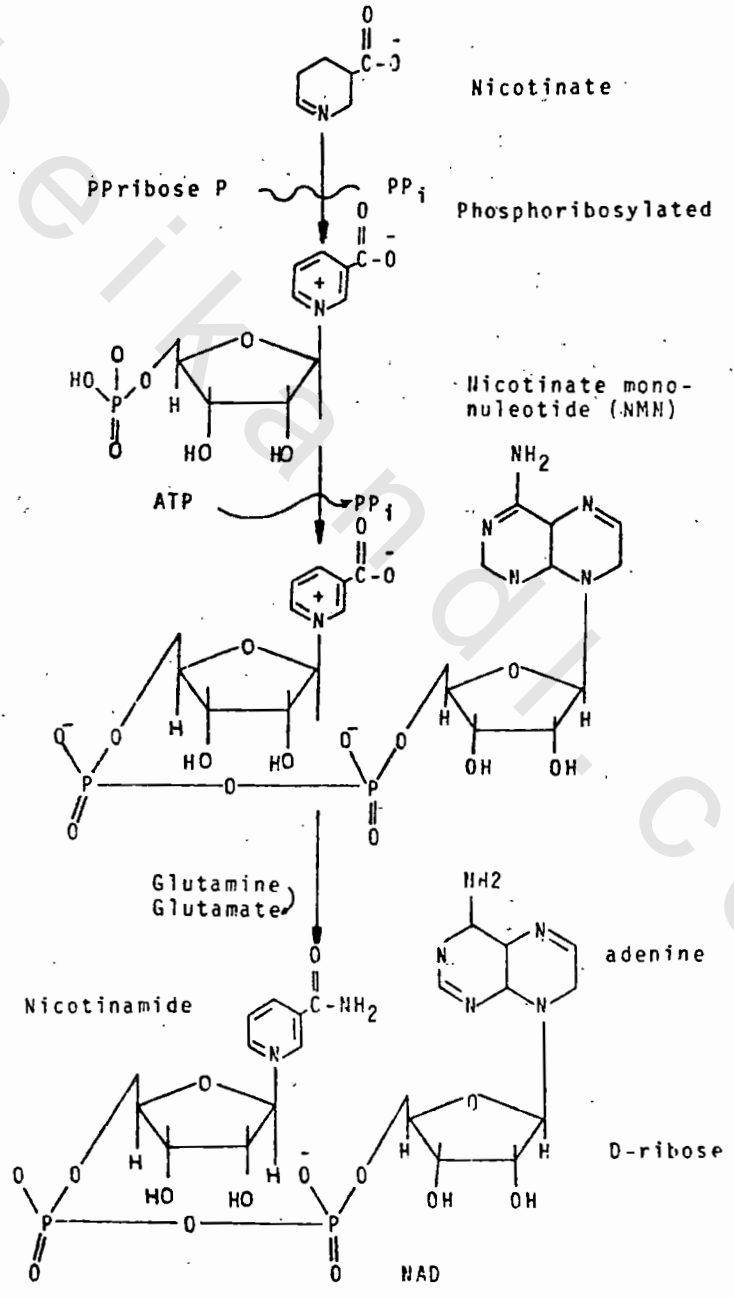
Nicotinic acid Nicotinamide

شكل ٧-٤: الصيغة البنائية للنياسين.

وحمض النيكوتنيك يمتص فى الامعاء ولكن لايخرج مع البول والكمية الزائدة منه تخرج فى صورة N-methyl nicotine amide .

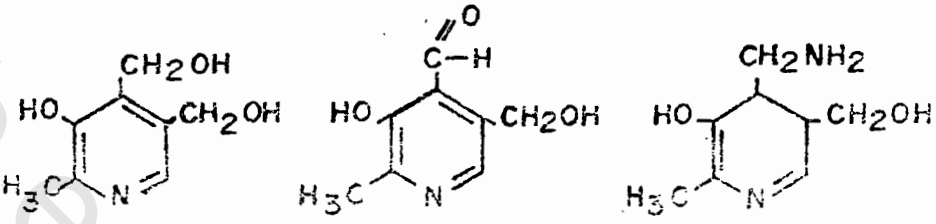
حالة نقص النياسين تحدث أمراض جلدية (التهابات) اسهال عته... والبلاجرا (نوع من البرص) ناشيء عن نقص النياسين ولكنه يشفى خلال يوم من تناول الفيتامين والنقص فى هذا الفيتامين يكون مصحوب بنقص فيتامينات أخرى.

فى الخليـــــة يحـــدث تحـــــولات لتحول Nicatinate الى Nicotinamide ثم adenine dinucleatide (NAD) والمعادلات توضح ذلك.



Nicotinamide dinucleotide phosphate $NADP^+$

البيرودكسين Pyridoxine B6

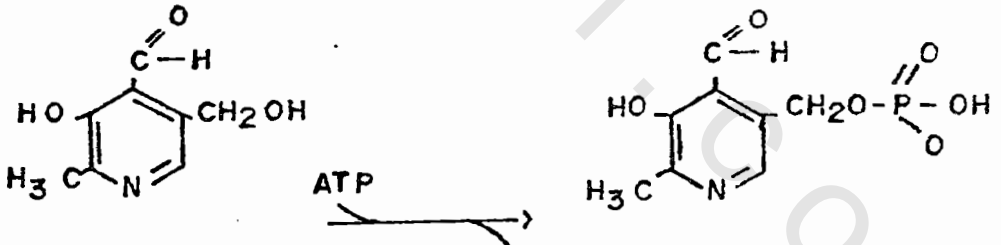


Pyridoxine Pyridoxal Pyridoxamine

شكل ٧-٦: الصور البنائية للبيرودكسين .

هذا الفيتامين يوجد فى صور ثلاثة أشكال (شكل ٧-٦) وهذه الأشكال الثلاثة مصدر نشط لمرافق الأنزيم Pyridoxal phosphate وتعتبر البذور والحبوب واللبن والبيض والخضروات الورقية الخضراء مصدر جيد لهذا الفيتامين.

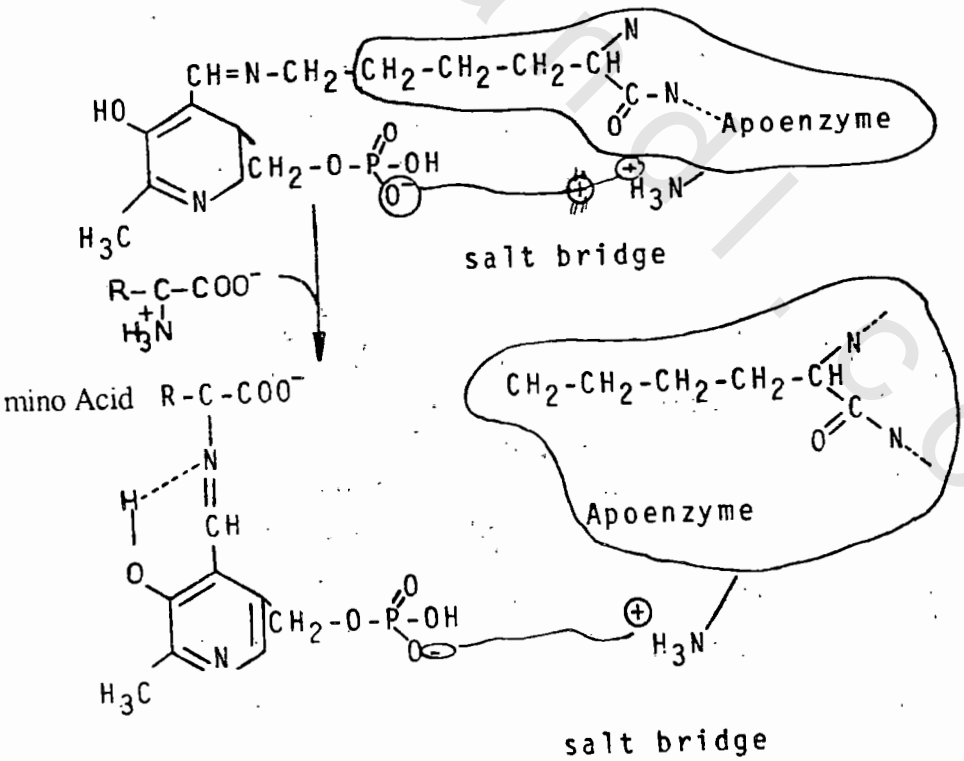
البيريدوكسين يمتص فى الأمعاء والصور الثلاثة من البيرودكسين سبستريت Substrate لأنزيم Pyridoxal kinase حيث يشترك مع ATP فى فسفرة مشتقات البيريدوكسال الى الأسترات الفوسفاتية المقابلة والمعادلات توضح ذلك.



Pyridoxal Pyridoxal ADD Pyridoxal phosphate

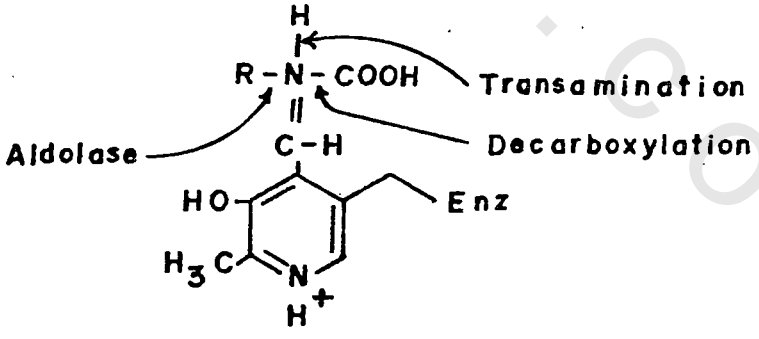
ومعاونات الأنزيمات النشطة هى البيريدوكسال فوسفات Pyridoxal phosphate والبيريدوكسامين فوسفات Pyridoxamine phosphate والبيريدوكسين أو فيتامين ب٦ الزائد عن عمليات الميتابوليزم يخرج مع البول فى صورة pyridoxic acid الى حيث يمكن قياسه

بـالطرق اللونيـة ،ومعـاون الأنزيـم "فوسـفات البيريدوكسـال يرتبـط مـع الجـزء الـبروتينى منه Apoenzyme خلال قاعـدة شيف Schiff base بين مجمـوعة الألدهيـد على الموقع ٤ وبينه مجموعة الأميـن a-amine فى اليسين الموجود بالانزيم وخـلال رابطـة أيونيـة أو قنطرة ملحية بين الفوسفات والأنزيم.



ومقدرة البيريدوكسال فوسفات فى تكوين قاعدة شيف مع حمض أمينى مهم فى تكوين معاون أنزيم فى تفاعلات نقل مجموعة الأمين Transamination وتفاعلات ازالة مجموعة الكربوكسيل Decarboxylation وفى غياب السبستريت فان مجموعة 4-aldehyde تظل فى الرابطة Schiff base مع المجموعة المتبقية من الحمض الأمينى الليسين فى الجانب الأنزيمى النشط وعند دخول مجموعة الفا أمين فى السبتسريت فان مجموعة الألفا أمين - amine فى الحمض الأمينى الليسين وعند تكوين رابطة شيف جديدة ولكن معاون الأنزيم يظل مرتبط بالانزيم عن طريق رابطة ملحية كما هو واضح فى المعادلات السابقة.

والبيريدوكسال فوسفات تعمل كمرافق انزيم فى تفاعلات ازالة المجموعة الكربوكسيلية Decarbpxylation فى الأحماض الأمينية ومرة أخرى عند تكوين قاعدة شيف متوسطة وعند تنظيم الالكترونات وتوزيعهم فى التركيب المتأرجح فى داخل جزء من البيريدوكسال ومرافقات الأنزيمات فوسفات البيريدوكسال وفوسفات البيريدوكسامين المستخدم على نطاق واسع فى الميتابوليزم الوسيط Intermediary metabolism كما هو واضح فى الشكل التالى:



حيث توضح الروابط فى الحمض الأمينى ∝-amino acid المرتبطة مع البيريدوكسال المكون لأنزيمات متخصصة.

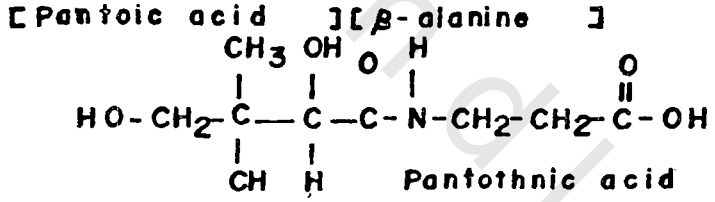
فى حالة تكوين النياسين من الحمض الأمينى تربتوفان فيجب أن يوجد مركب البيريدوكسال فوسفات كمعاون أنزيم لذلك وجد أن مرض البلاجرا يكون مصحوبا بنقص فى البيردوكسين .

كذلك البيريدوكسين ضرورى فى تفاعلات تحول الحمض الأمينى مثيونين الى سيستئين Cysteine ونقصه لايتم هذا التحول وتسبب حالات مرضية.

كذلك كثير من الأمراض الوراثية فى الانسان تنشأ من عدم مقدرة الجزء البروتينى من الأنزيم apoenzyme من الارتباط مع البيريدوكسين فوسفات ولكن وجد أن نقص البيريدوكسين لايسبب حالات سمية.

حمض البانتوثنيك Pantothenic acid

حمض البانتوثنيك عبارة عن أميد حمض بانتويك Pantoic acid وبيتا الانين β-alanine (شكل ٧-٧).



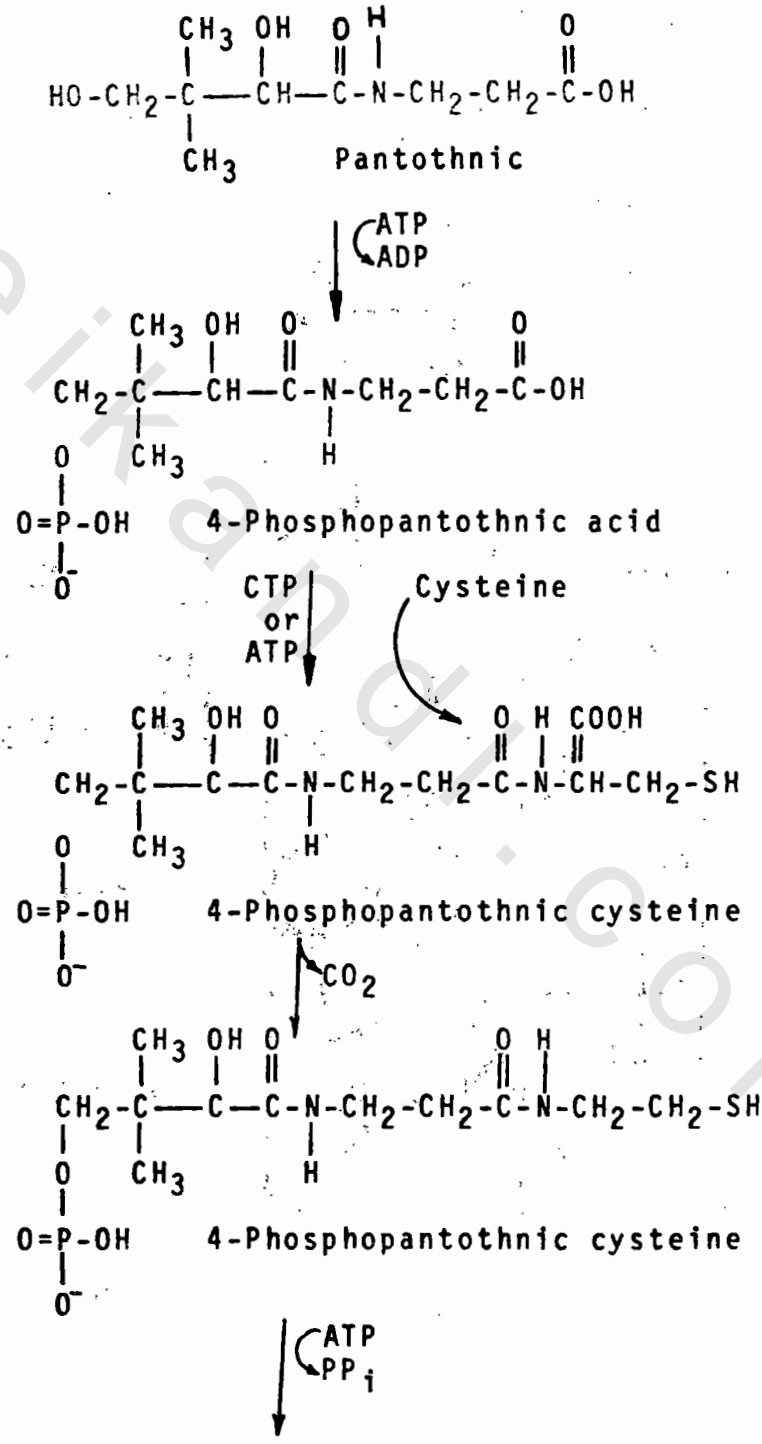
شكل ٧-٧ : الصيغة البنائية لحامض البانتوثنيك.

هذا الفيتامين منتشر فى الأغذية الحيوانية وفى حبوب الغلال الكاملة والبقوليات . وأعراض نقص حمض البانتوثنيك فى الانسان عرفت بالتجارب فقط بواسطة مركبات معينة وأعراض نقص هذا الفيتامين مرتبطة مع بقية الفيتامينات الأخرى من مجموعة ب المركبة وهذا الحمض ليس له أعراض تسمم.

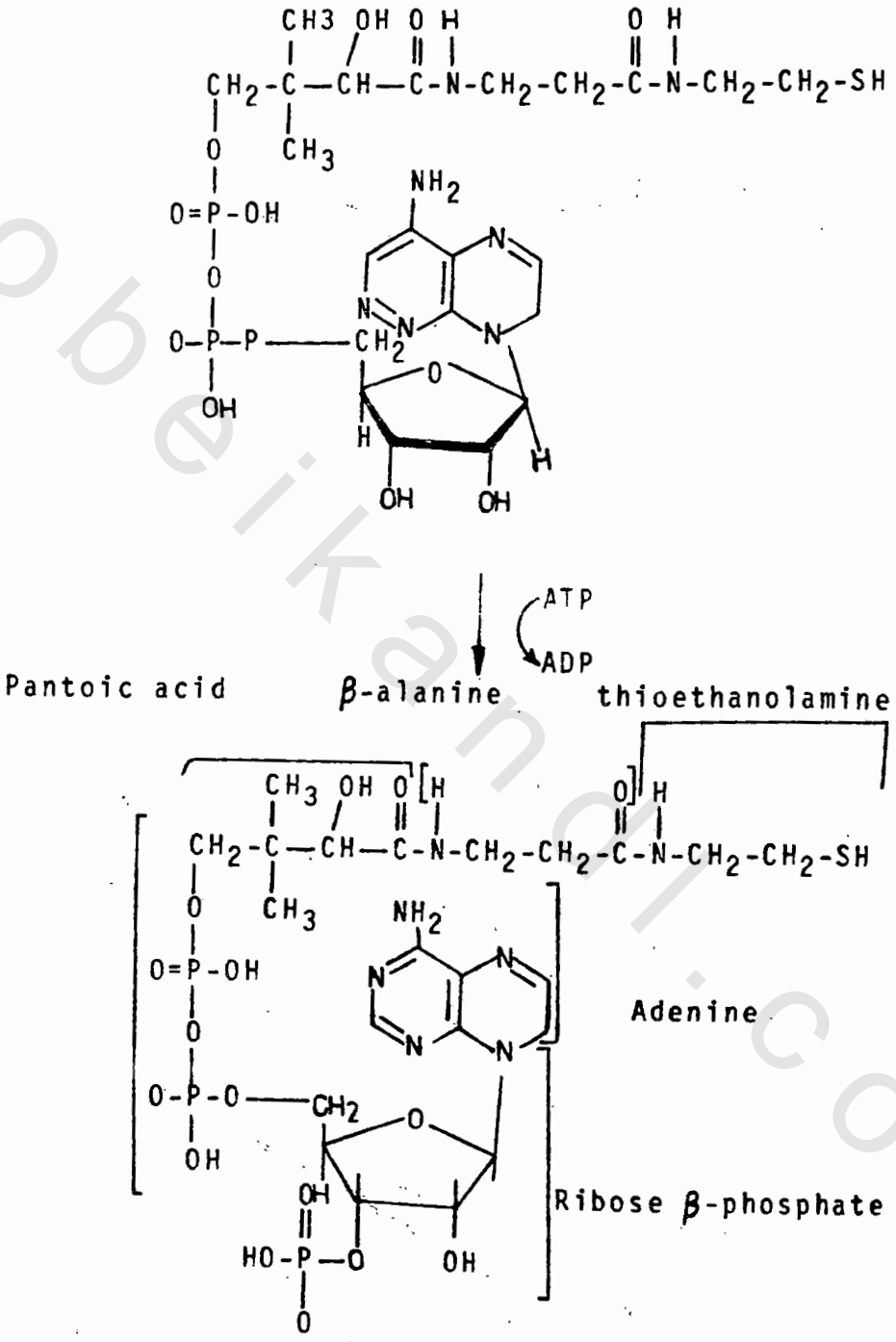
وحمض البانتوثنيك يمتص فى الامعاء حيث تحدث عملية فسفرة بواسطة ATP حيث يتكون مركب 4-Phosphopantothenic كما هو موضح فى شكل (٧-٨).

تكوين مرافق الأنزيم أ لنشط Active coenzyme A.

ويلاحظ أن الحمض الأمينى Cysteine يضاف لحمض Phosphopantothenic ومجموعة الكربوكسيل فى Cysteine تزال ومرافق الأنزيم النشط والمشتقة من Pantothenate يحتوى كذلك على Adenine nucleotide لذلك فان مركب



obeikandi.com



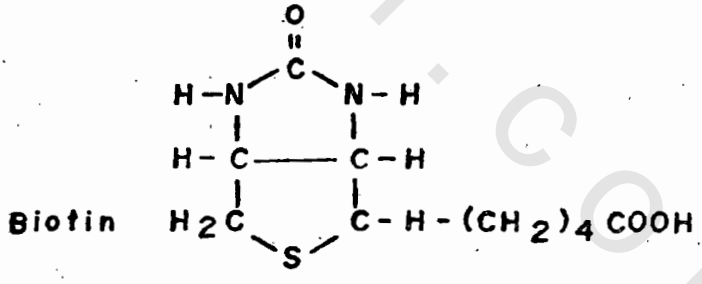
شكل ٧ـ٨ الصيغة البنائيه لـ Co-enzyme A مرافق الانزيم

obeikandl.com

4-phosphopantothein يتحد مع أدينين بواسطة ATB ليكون مركب Dephospho-Coenzyme A كما هو موضح بالشكل والفسفرة النهائية تتم بواسطة جزيئى ATP ويتكون مرافق الأنزيم أ ومرافق الأنزيم يحتوى على أدنين فى طرف ومجموعة ميثيول - SH فى الطرف الآخر ومجموعة الثيول تعمل كحامل لمجاميع الأسيل Acyl groups فى تفاعلات أكسدة الأحماض الدهنية وتفاعلات البناء والاستلة وكذلك تفاعلات ازالة مجموعة الكربوكسيل ومجموعة الأمين أى فى التفاعلات التى تقوم بها كذلك أنزيم الثيامين بيروفوسفات والرابطة الاسيل مع الكبريت المتكونة من مرافق الأنزيم رابطة غنية فى الطاقة وكمية الطاقة الناتجة بها تعادل كمية الطاقة من ATP وتكوين هذه الرابطة يحتاج لكمية من الطاقة تأتى اما من مصادر خارجية أو من انتقال الطاقة العالية من الفوسفات او انتقال الطاقة العالية من الرابطة الكبريتية لذلك عادة يرمز بمرافق الأنزيم برمز مختصر وهو CoA-SH حيث يرمز بأن مجموعة تفاعل النشط فى مرافق الأنزيم هى مجموعة SH- .

البيوتين Biotin

البيوتين مشتق من imidazole (شكل ٧-٩) ومنتشر طبيعيا فى الأغذية واحتياجات الانسان تأتى من البكتيريا التى تعيش فى الأمعاء والزيادة منه تخرج فى البول ، وكمية الزيادة تعادل ٣-٦ مرة من الكمية التى يحتاجها الجسم والفيتامين يمتص فى الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة Ileum.



شكل ٧-٩: الصيغة البنائية للبيوتين .

والاستفادة الحيوية من البيوتين تختلف من منتج لآخر مثلا البيوتين من الذرة والصويا يمكن الاستفادة منه كلية ولكن بيوتين القمح تقريبا لايستفاد منه أما صفار البيض واللحم والطماطم والخميرة فهى مصدر ممتاز لهذا البيوتين وزلال البيض يحتوى على بروتينات تتحمل الحرارة العالية وهوبروتين Aridin والذى يتداخل كلية مع البيوتين وبالتالى تمنع امتصاصه فى الأمعاء

وتسبب حالة نقص البيوتين. والبيوتين يدخل فى تركيب العديد من الأنزيمات ، والجدول رقم ٧-١ يوضح ذلك .

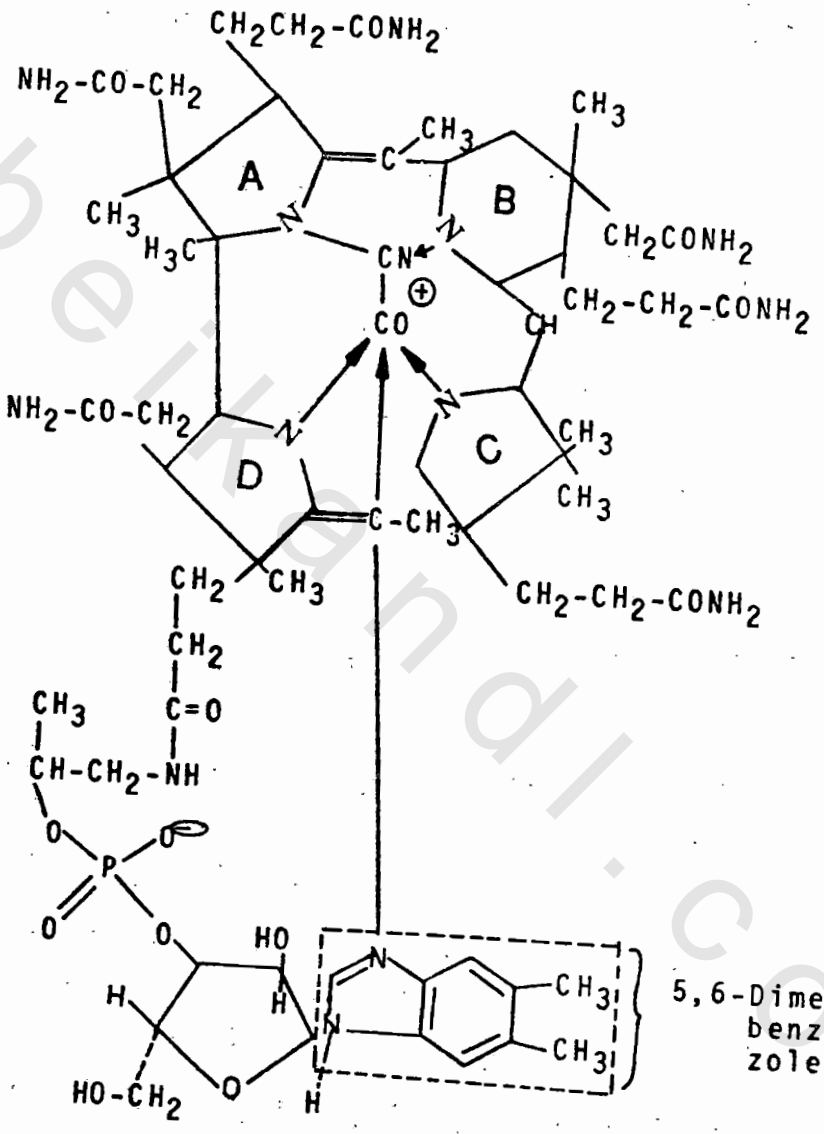
جدول (٧-١) الأنزيمات الحيوانية التى يدخل فيها البيوتين

بيروفيت كربوكسيليز Pyruvate carboxylase	- يدخل فى تفاعلات تحويل السكريات Gluconeogenesis ويحل محل Oxaloacetate فى دورة حمض الستريك.
Acetyl Co-A Carboxylase	- يشترك مع وحدات الخلات فى بناء الأحماض الدهنية بتكوين Malony CoA
Propionyl Co-A carboxylase	- تحول البربيونات الى السكسينات ثم يدخل فى دورة حمض الستريك.
B-Methyl Crotonyl Co-A carboxylase	- هدم الليوسين ومركبات الشبه حلقية Isoprenoid compounds

فيتامين ب ١٢

فيتامين B_{12} يحتوى على حلقة Corrin وهى مشابهه لحلقة أيون Porphyrins وتحتوى على CN كوبلت فى مركز الحلقة ومجموعة (سيانو) عادة متصلة بأيون الكوبلت ولكى يكون Cobalamin فى صورته النشطة فيجب أن تزال هذه المجموعة وهذا مايحدث ضد تصنيعه وهذا الفيتامين يخلق طبيعيا بواسطةالبكتريا ولكنه يوجد طبيعيا فى الكبد الحيوانى حيث يوجد فى صورة Methyl cobalamin أما Cyanocobalamin فهو الصورة الثابتة ، وينتج تجاريا على هذه الصورة بواسطة التخمر البكتيرى وهو ذائب فى الماء ومقاوم للحرارة.

والكوبالامين يفرز فى الكبد ويخرج مع العصارة الصفراوية فى مجرى الدم حيث يوجد تفاعلين انزيميين يدخل فيهما الفيتامين كمعاون أنزيم فعملية تحويل Homocysteine الى methionine تحدث فى السيتوبلازم ويقوم Methyl cobalamine كمعاونى أنزيمى. أما التفاعل الثانى هو المساعدة فى عملية تحويل 1-methyl malonyl-CoA الى Succinyl-CoA والأنزيم الذى يقوم بهذا التفاعل هو أنزيم 1-methyl malonyl CoA



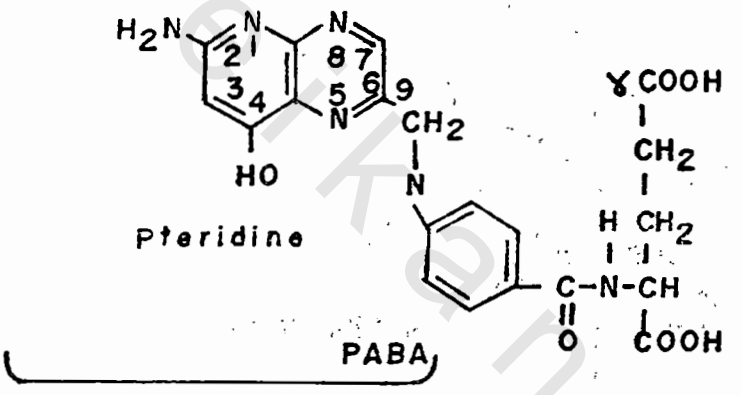
Cyanocobalamin, Vitamin B_{12}

$(C_{63}H_{88}O_{14}N_{14}PCO)$

شكل ٧ـ١٠ : الصيغه البنائيه لفيتامين B_{12} (السيانوكوبالامين)

mutase ويساعد الأنزيم 5-deoxy adenosyl cabalamin ونقص الفيتامين فى الجسم ينشأ عن عيوب بأنسجة الجسم فلا تستفيد من الأنسجة المختلفة كذلك ينشأ نتيجة نقص Folate فلا يستفيد الجسم منه.

حمض الفوليك أو Folacin أو Folate أو Folic acid:



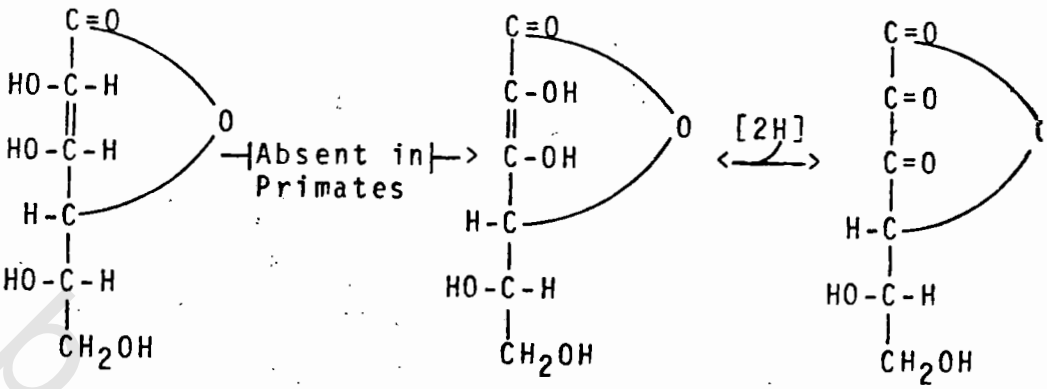
شكل (٧-١١) الصيغة البنائية لحمض الفوليك.

تركيب وترقيم الذرات فى حمض الفوليك Folic acid

كيمياويا حمض الفوليك أو الفوليت يحتوى على حلقة مزدوجة وهى Pteridine وحمض بارا أمينوبنزويك PABA وحمض جلوتاميك (شكل ٧-١١) والخلايا الحيوانية غير قادرة على تخليق PABA أو وصل حمض الجلوتاميك مع حمض البنزويك والبكتيريا والنباتات تحتاج لهذا الحمض للنمو وهذا الحامض يوجد في الخضروات الورقية. وميتابوليزم الفوليت معقد لتداخله مع العديد من التفاعلات الأنزيمية فعلى سبيل المثال يتداخل مع تفاعلات الكوبالامين السابق ذكرها ويتداخل مع ميتابوليزم الأحماض الأمينية وهى بلازما الدم، ٣/٢ الحامض يكون متحدا مع البروتين والكلية تخلص الدم من الحمض الزائد وله دور كبير فى الوقاية من الأمراض أو الاصابة بالسرطان . ونقص الفيتامين مرتبط مع نقص ب ١٢ حيث تظهر أعراض الأنيميا.

فيتامين C (ج) أو حمض الاسكوربيك Vitamin C (Ascorbic acid)

تركيب حمض الأسكوربيك مشابه لتركيب السكريات الأحادية ولكنه يحتوى على مجموعة Enediol ومنها قد يزال الهيدروجين ويتكون Dehydroascorbate



Gulonolactone Ascorbic acid Dehydroascorbic

شكل ٧-١٢: الصيغ البنائية لحمض الأسكوربيك.

مصدر حمض الأسكوربيك فيما عدا الحيوانات العالية وأكسدته الى الصورة المؤكسدة و Dehydroascorbate يتولد بانتظام من فيتامين ج بالاكسدة فى الهواء وكلا المركبين نشيطين فسيولوجيا ووجد فى سوائل الجسم . وأحسن المصادر لفيتامين ج الموالح ، الفراولة ، الشمام ، الطماطم ، الفلفل الأخضر ، الكرنب الطازج والخضروات الورقية وفيتامين ج أقل ثباتا فى محلول الفيتامينات ومقاوم للحرارة فى وجود آثار المعادن خاصة النحاس وثابت اثناء التجميد ، وحامض الأسكوربيك مهم فى عمليات الميتابوليزم حيث يمكن تخليقه فى بعض أصناف النباتات وكل أنواع الحيوانات ماعدا الحيوانات العالية وخنازير غينيا والحيوانات العالية والانسان غير قادر على تخليقه لعدم وجود الأنزيمات الضرورية التى تحول حمض الجلوكونيك الى حمض الأسكوربيك وبالتالى يجب وجود هذا الحامض فى الاغذية.

وحمض الأسكوربيك يمتص فى الامعاء ونقصه فى الجسم يدل على عدم أخذه مع الغذاء، والمخازن الطبيعية لفيتامين ج فى الجسم لاتنفذ بسرعة لذلك مدة ٣-٤ شهور يحتاج اليها لظهور حالة نقص فيتامين ج وذلك فى حالة التغذية على وجبات خالية من هذا الفيتامين .

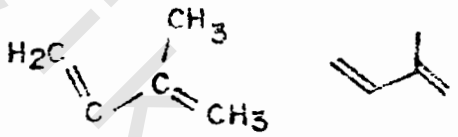
حمض الأسكوربيك يمكن أن يتحول فى جسم الانسان الى أكسالات تظهر فى اليوريا وأملاح أكسالات غير ذائبة وتسبب حصوات فى الكلية. وكانت الدراسة أظهرت أن حمض لأسكوربيك أو صورته المؤكسدة هى الغالبة فى البول وكمية قليلة لاتخرج مع البول ولكن تظهر فى العصارة الصفراوية وتخرج مع العضلات وحيث أن الجسم له المقدرة على تخزين الفيتامينات الذائبة فى الماء لذلك قد تظهر فى صورة أكسالات. وحمض الاسكوربيك يختزل المواد التالية خلال عمليات الميتابوليزم:

الأكسجين ، النترات Chrotonyl. CoA, Cytochrone C, Fe^{3+} Cytochroma Fe^{3+}

ولايعرف تأثير سمى لحمض الاسكوربيك ولكنه يحمض البول وهذا قد يكون مفيد وفى بعض الأحيان قد يكون ضار.

الفيتامينات الذائبة فى الدهن Fat soluble vitamine

كما يدل عليها اسمها فان الفيتامينات الذائبة فى الدهون فهى جزئيات غير قطبية وغير محبة للمياه وهى مشتقات الايزوبرين Isoprene derivatives.



وتمتص فى الامعاء مثل امتصاص الدهون والفيتامينات الذائبة فى الدهون تحتاج نظام دهن قياس للامتصاص لكى تمتص ذاتيا لذلك بعض حالات الاسهال قد تحدث وخلل فى النظام الصفراوى قد يحدث كذلك نتيجة سوء امتصاص الفيتامينات الذائبة فى الدهن ، وعند امتصاص هذه الفيتامينات فانها تذهب للكبد حيث تخزن وهى فيتامينات A, D, E, K أو تخزن فى الأنسجة الدهنية مثل فيتامين E لفترات مختلفة من الزمن وهذه الفيتامينات تنتقل للدم بواسطة Lipoprotein أو بواسطة بروتينات الهضم الأخرى ، حيث أنها غير ذائبة فى ماء البلازما مثل الفيتامينات الذائبة فى الماء لذلك فان الفيتامينات الذائبة فى الدهن لاتخرج مع البول ولكن تظهر فى العصارة الصفراوية وتخرج مع الفضلات وحيث أن الجسم له القدرة على تخزين الفيتامينات الذائبة فى الدهن لذلك قد تظهر بعض حالات السمية من الكميات الزائدة خاصة فيتامين D, A أما فيتامين D فهو يعتبر هرمون فى الحيوانات الثديية والانسان حيث أنه يشترك فى عمليات تنظيم ميتابوليزم الكالسيوم والفوسفور.

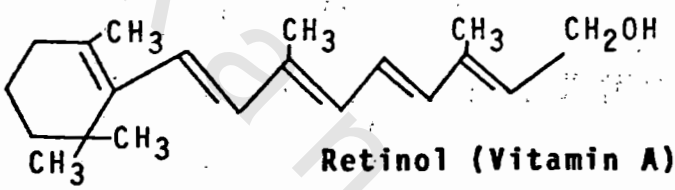
فيتامين أ Vitamin A (Retinoids)

فيتامين A أو Retinol هو مركب يحتوى على العديد من Isoprenoid وحلقة سداسية حلقية Cyclohexenyl ring (شكل ٧-١٣) . وفيتامين A لفظ يدل على كل المركبات غير الكاروتينية والتى تظهر نشاط حيوى للرتينيول وفى السنين الحديثة لفظ Ritinoids يصف كلا الأشكال الطبيعية والصناعية للرتينول وفيتامين A مهم فى الحيوانات العالية حيث يساعد على

النمو والمحافظة على الصحة ومهم فى الابصار والتناسل والافرازات المخاطية ومهم فى بناء البشرة والاحتفاظ بنضارتها.

والـ Retinoids مهم فى المحافظة على الأنسجة فى الجنس البشرى ووجد فى الحيوانات المستخدمة فى التجارب والانسان أن النقص فى قوة الابصار الليلى هو مرحلة متقدمة على نقص فيتامين أ وأعراض نقص فيتامين A جفاف العين وجفاف الجلد وتقرح القرنية والتأخير فى النمو بما فيها الجهاز العصبى وحيث أن الفيتامين يخزن فى الكبد لذلك يمكن أن يحدث تسمم من زيادة الحصول عليه.

عند تناول بيتا كاروتين النباتات كمصدر لفيتامين أ فان الجسم يكتسب لون أصفر وحيث أن البيتاكاروتين تتحول لفيتامين أ فان واحد جزىء من البيتاكاروتين نشاطه يكون سدس نشاط فيتامين أ المتولد من Retinol .

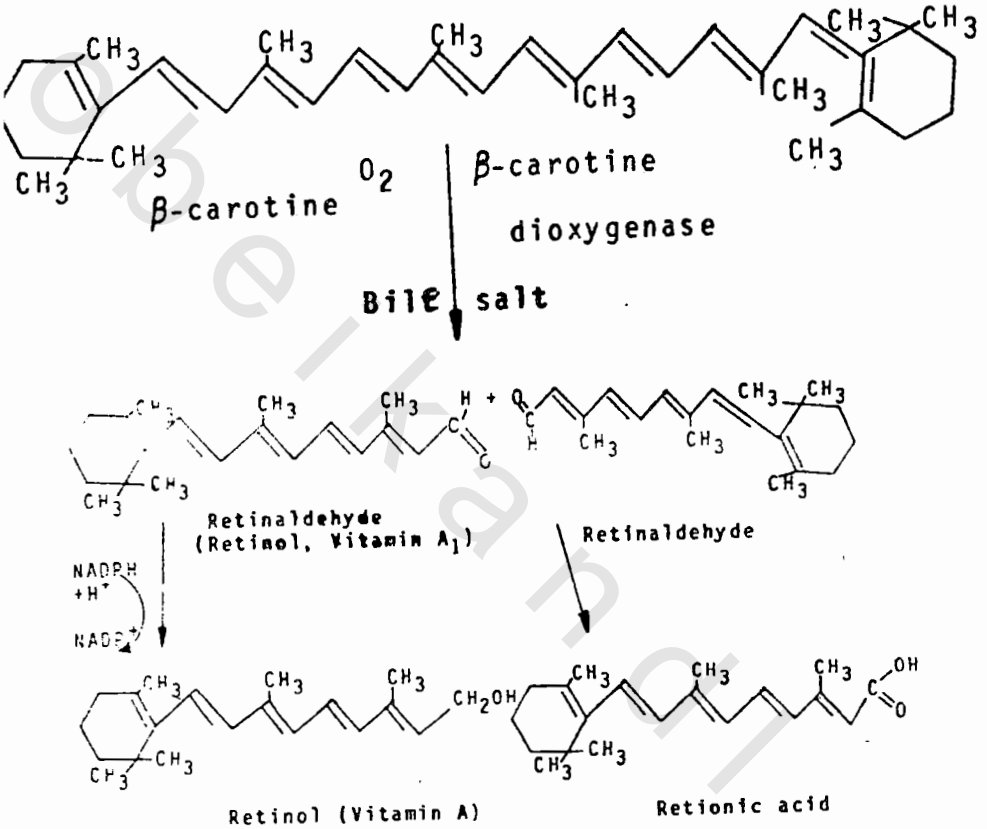


شكل ٧-١٣ : الصيغة البنائية للريتينول.

فى المنتجات الحيوانية فان فيتامين أ يوجد فى صورة استرات أحماض دهنية للريتينول أما فى الخضروات يوجد فى صورة الفيتامين الأولى وهى بيتاكاروتين وهى صبغة صفراء أما استرات الريتينول فهى تتحلل فى الأمعاء وتمتص مباشرة فى الامعاء أما الكاروتينيات المهضومة فانها تتأكسد وتتكسر بواسطة أنزيم B-Carotene-dioxygenase والانشطار يتطلب جزيئى أكسجين وأملاح الصفراء أما فى الاختبار فى المعمل فيتطلب ليثسين لكى يتولد جزئيين من ريتنألدهيد Retinaldhyde (Retinol) أما مخاط الامعاء فان الريتنألدهايد يختزل بواسطة NADPH وجزء صغير من الرتينال يتولد فى البيتاكاروتين يتأكسد الى حمض Retinoic فى الامعاء وحمض الريتينويك يدمص بواسطة النظام البابى ولايستفاد منه كلية فى الكبد أو الأنسجة الأخرى ويمكن كذلك أن يهضم ويتحول الى مركبات قطبية ويخرج مع البول أو مع العصارة المرارية.

والريتينيول المخزن فى الكبد يخرج منه بواسطة تحلل استراته ويتحد الريتينول مع البروتين ويتكون معقد وهذا المعقد يذهب للأنسجة عن طريق الدم. أما سمية فيتامين أ فيحدث فى الأحياء فقط عند زيادة كمية معقد الريتينول مع البروتين مع وجود زيادة من الريتينول الحر.

سجة الأحياء لها القدرة على تحويل الريتينول الى ريتينال وحمض الريتينوك لايستطيع أن يرجع مرة أخرى ريتينال أو ريتينول . وحمض الريتينوك يدخل فى عمليات النمو ولايمكن أن يحل محل الريتينال كمصدر لصبغات الرؤية أو فى النظام التناسلى للذكور أو الأناث.



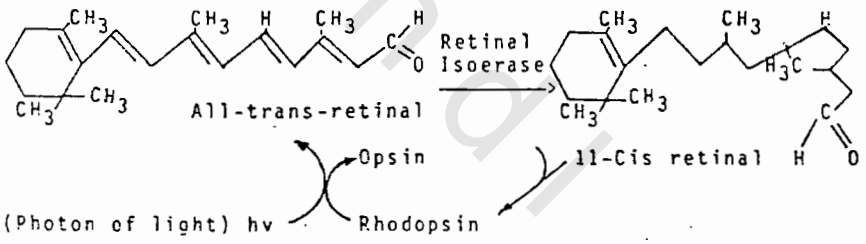
شكل يوضح تحول البيتاكاروتين الى رتينيألدهيد وتأكسد الريتينألدهيد الى Retinic acid واختزال الرتينألدهيد الى Retinol.

كل مكون من مكونات الريتينويد وهى Retinoic, Retinal, Retinol لها أهميتها الحيوية ، فالريتينيول فى حالة الأكسدة الخفيفة يعمل كهرمون، أما الرتينينال فهو مصدر ضرورى للصبغة البصرية المسماه Rhodopsin أما حمض الرتينيويك فهو يعمل كحامل لسكريات الأوليجو Oligosaccharides فى بناء الجليكوبروتينات Glycoproteins.

وعندما يدخل الريتينول فى الخلية التى يعمل بها فيتحول مباشرة الى Cellular retinol-binding protein (CRBP) وهذا مختلف عن Retinol binding protein الموجود فى Serum حيث CRBP ينقل اللريتيول خلال الخلية حيث تظهر أنها ترتبط خاصة مع البروتين النووى ومن الوظيفة البيولوجية لحمض الريتيويك أنه لايستطيع أن

يمد كل من الصبغة الضوئية ولكنها تمد بواسطة الرتينيال ، أما وظيفته المولدة أو المنتجة للرتينويد فهى تعتمد على الرتينيول وعملة كهرمون ستيرولى Sterol hormone.

الخطوة التالية من أكسدة Retinoids هى الـ Retinal ومن الواضح أن وظيفتها تعمل كمكون لصبغة الرؤية المسماه Rhodosin فى الخلايا العصوية الموجودة فى الشبكية Retina ففى الخلايا العصوية فان II- cis retinal وهوالمشابه لمركب All trans-retinal ومرتبط مع بروتين الرؤية المسمى opsin فعندما الـ Rhodopsin يتعرض للضوء فانه يتحلل ويبيض ويتكون Opsin, All-trans retinal وهذا التفاعل يكون مصحوب بتفاعلات تأكسدية أو تغيرات تثبيتية يحثها نواة أيون الكالسيوم فى الغشاء الخلوى للخلايا البصرية والضرب السريع لأيونات الكالسيوم على العصب المحرك يسمح للضوء بأن يستقبل فى المخ All-trans retinal يتولد من Rhodopsin بواسطة امتصاص فوتونات photons الضوء ولاتستكمل تحولها مره أخرى الى II- cis Retinal كما هو موضح بالشكل لذلك لكى يتولد Rhodopsin للرؤية فيجب أن نحتاج الى مد ومستمر من All-trans retinal عن طريق التغذية.



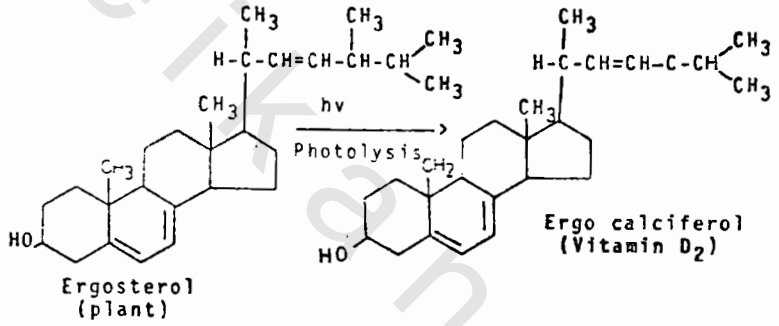
شكل يوضح تكوين II-cis retinal من All-trans retinal واتحادة مع opsin لتكوين Rhodopsin فى الخلايا العصوية فى العين وأمتصاص الفوتون الضوئى بواسطة Rhodopsin يسبب بياضه ويتولد opsin و All-trans- retinal والمركب أ الأخير لايتحول تماما أو كلية الى المركب المشابه II- cis retinal .

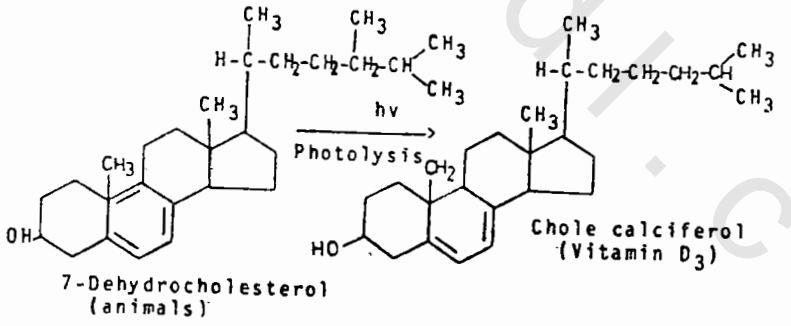
والوظيفة الكيماوية الحيوية الثابته لمركبات Retinoids أنها تدخل فى استقبال Phosphorylated retinoic acid كحامل poly isoprenoid لمشتق مخصوص من السكريات الأوليجو فى بناء الجليكوبروتين حيث أن مركب Oligosaccharide- retinyl phosphate مركب قليل فى النظام الميكروسومى والمستحدم غالبا مركب مشتق من الأيزوبرونيد وهو مركب Dolichol- phosphate كحامل له لذلك فوظيفة Retinyl phosphate أنه كحامل لسكريات الأوليجو خلال الدهون ذات الطبقة الواحدة بواسطة أنزيمات

التشابه والمستخدم فى حالة تولد Rhodopsin وهذا دلالة على أن حمض الرتينويك يتداخل اضطراريا فى بناء الجليكوبروتين لذلك النقص فى فيتامين أ يمكن أن يسبب عجز ٨٠٪ من كمية المانوز المرتبطة بجليكوجين الكبد فى حيوانات التجارب.

فيتامين د Vitamin D

البشر الذين لايتعرضون لأشعة الشمس فان فيتامين "د" مهم لهم وفيتامين "د" هرمون أولى حقيقى من النوع السيترولى لذا فان فيتامينات د تعتبر مجموعة من المركبات السيترولية وتوجد فى الطبيعة أساسا فى الحيوانات والخمائر والنباتات.





شكل ٧-٢١: يوضح تحول الـ Ergosterol و ehydro- cholesterol بواسطةالطاقة الضوئية الى فيتامين D_2, D_3 على التوالى.

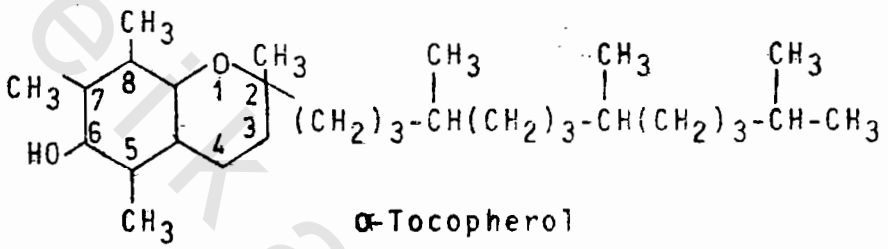
ففيتامينات D تتولد من مولدات الفيتامين Ergosterol ، 7-dehydrocholesterolفى النبات والحيوان على التوالى بحيث أن هذين المركبين يختلفان فى السلسلة الجانبية وفى ذرة كربون رقم ٢١ والأشعة فوق البنفسجية الحلقة B فى كلا المركبين وفى النباتات فان الأشعة تولد مركب Ergcalciferol وهو فيتامين D_2 أما فى الحيوان فان مركب 7-dehydrocholestrol يتحول لمركب cholecalciferol وهو D3 وفيتامين D_2. D_3

متساويـــــان فى القيمـــة الحيوية ويعرفان باسم فيتـــــامين D الانسان يحصل على الفيتـــــامين سواء من الغـــذاء أو مـــن تحول 7-dehydrochalestrol فى الجلد.

فيتامين D_3, D_2 أو مخلوطهما يمتصان فى الأمعاء الدقيقة ويتحدان مع جلوبيولين محدد ثم ينتقل للدم ومنه للكبد.

المرض الغالب من نقص فيتامين "د" هو المتسبب فى نقص الكالسيوم والفوسفور حيث أنـه يدخل فى ميتابولبزم تكوين العظام لذلك الاطفال الذين لايتعرضون لأشعة الشمس يجب اعطائهم جرعات من فيتامين "د" .

فيتامين "E" Vitamin E :



شكل ٧-١٤: الصيغة البنائية للتوكوفيرول .

ألفا توكوفيرول عبارة عن زيت يوجد فى النباتات خاصة جنين القمح والأرز وبـذور القطن ومع زيت كبد الأسماك غنى فى فيتامين A و D ولكنه خالى من فيتامين E وفيتامين E مهم للحيوانات العانية مثل الدواجن والمواشى للمحافظة على الخصوبة ويوجد فى الطبيعة سبعة مركبات توكيـــــوفيرولية وكلهم حلقة ايزوبرينويد وعليها مجموعة احلال اما أن تكون مجموعة 6-hydroxychromes أو مجموعة Tocols :

جدول ٧-٢ : التوكوفيرولات الموجودة فى الطبيعة .

التوكوفيرول	مجموعة الاحلال	
ألفا	Alpha	α
بيتا	Beta	β
جاما	Gama	γ
دالتا	Delta	δ
ايتا	Eta	η
زيتا	Zeta	ϴ

obeikandl.com

و Tocopherol-∝ واسع الانتشار فى الطبيعة وله نشاط حيوى عظيم كفيتامين ولايوجد دليل على أن فيتامين E ضرورى فى خصوبة الانسان ولكن الواضح أن نقصه ظهر فى الانسان فى حالة عدم استطاعة الأمعاء الدقيقة لامتصاص الدهون وعلامات نقصه فى الانسان هو ضعف العضلات ، ظهر الكرياتين فى البول وسهولة تكسير كرات الدم الحمراء وهذه الحالات تختفى بعد تناول Tocopherol-∝ والذى يمتص فى الامعاء الدقيقة ثم ينتقل للكبد ومنه الى الليبوبروتين ومنه للأنسجة الخارجية والفوسفوليبيدات الموجودة فى الميتوكوندريا والاغشية الشبكية الداخلية وأغشية بلازما الدم لها ميل محدد نحو التوكوفيرول حيث أن الفيتامين يميل للظهور على هذه المناطق.

فيتامين E يعمل كذلك كمادة مضادة للأكسدة كذلك مهم فى ميتابوليزم السيلينيوم ومستوى فيتامين E فى بلازما الليبوبروتين والفوسفوليبيدات يعتمد على أربعة عوامل:

١- كمية الفاتوكوفيرول المستهلكة

٢- مستوى المواد المؤكسدة والمواد المضادة للأكسدة

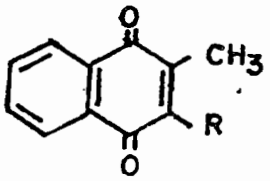
٣- مستوى السيلينيوم فى الوجبة

٤- كمية الأحماض الأمينية الكبريتية الموجودة بالغذاء.

عكسيا فان فيتامين E يظهر على أنه يخفض احتياجات الجسم من السيلينوم بواسطة منع الفقد فى السيلينوم من الجسم بحيث يبقى فى صورة نشطة بواسطة منع أكسدة الأغشية الدهنية خلال خفض أنزيم Glutathione peroxidase المحتاج اليه لتحطيم البيروكسيدات المتكونة فى الخلايا، كذلك الفيتامين مهم للسيدات الحوامل والمرضعات والأطفال الناقصى النمو كذلك مهم لكبار السن والذين يعانون اضطرابات فى الدورة الدموية كذلك الذين عندهم عرج خفيف وفى حيوانات التجارب وجد أن العضلات السيئة العكسية تكون مصحوبة بنقص فيتامين E .

فيتامين ك Vitamin K

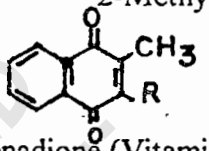
فيتامين ك عبارة عن Polyisoprenoid مع مجموعة استبدالية هى Naphthoguinone .



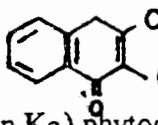
$(CH=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH_2-CH_2)$

Isoprenoid unit

2-Methyl 1,4- naphtoquinone (Isoprenoid)

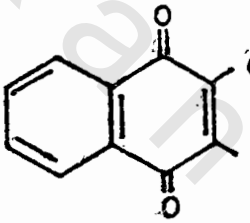


Menadione (Vitamin K_3)



$CH_2\ CH=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH_2-(CH=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH_2-CH_2)$

phytoquinone (Vitamin K_1,phytonadion Mephyton)



$(CH_2CH=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH_2)_n-H$

Menaquinone-n (Vitamin K2) n= 6,7 or 91.

شكل (٧-١٥) : الصيغ البنائية لصور فيتامين ك غير الطبيعية .

الصور الموجودة فى الـ Menadine هى المجموعة الأساسية فى سلسلة فيتامين ك وهى تظهر نشاط حيوى فى الأحياء بعد أن تتم عملية اضافة مجموعة ألكيل بعد اضافة Menaquinone بواسطة الأنسجة الحيوانية وأما Phylioquinone فيتامين K_1 هو فيتامين K الغالب ذو المصدر النباتى أما Menaquinone 7 هو أحد الصور من سلسلة فيتامين K ومجموعة polyprenoid غير مشبعة ويوجد فى الأنسجة الحيوانية والبكتريا أما K_1 فهو يوجد فى الزيوت النباتية وأوراق الخضروات الخضاء وأغلفة الحبوب أما فيتامين K_2 فهو يتكون من البكتيريا (الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى الأمعاء لذلك لايتطلب وجوده فى الغذاء).

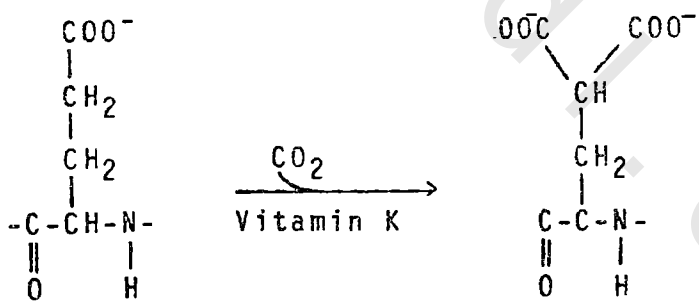
امتصاص فيتامين K فى الامعاء يمتص مع الدهون لذلك أعراض سوء امتصاص الدهون يظهر معها نقص فيتامين K مثلا أمراض المرارة أو البنكرياس أوضمور الأغشية المخاطية

فى الأمعاء أو الاسهال الشحمى ، كذلك تعقيم الأمعاء لأى سبب من الأسباب وبالتالى منع الكائنات الحية الدقيقة فى الأمعاء وبالتالى يظهر النقص فى الفيتامين خاصة اذا كانت الوجبات الغذائية خالية منه.

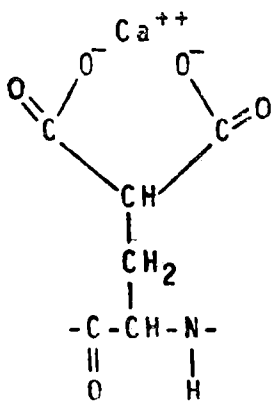
Menaquinone يمتص فقط عند وجود أملاح الصفراء خلال الأوعية اللمفاوية أما Menadione ومشتقاته الذائبة فى الماء فهى تمتص حتى فى غياب أملاح الصفراء وتذهب مباشرة لمجرى الدم .

ومع أن فيتامين K يتجمع فى الكبد فان تركيزه فى الكبد يبدأ فى النقصان وقليل من الفيتامين يتجمع فى الأغشية الخارجية وحالة نقصه يستدل عليها من نقص البروثرومبين. ويمكن أن تحدث خلال عدة أسابيع عندما تكون الأمراض الصفراوية تعوق هذا الامتصاص.

وفيتامين K عرف أنه يسبب تجلط الدم ومواد التجلط هذه تمون فى الكبد . ولقد أكتشف وعرف تركيبها ووجد أنها مواد بروتينية تتكون فى الكبد ولكنها تعتمد على فيتامين K لكى تتحول الى نشاطها الحيوى فى نجلط الدم ، وتركيبها يعتمد على تعديل فى حمض الجلوتاميك وتحوله الى Prothrombin, γ-carboxyglutamic acid ويحتوى على ١٠ جزئيات من carboxyglutamic- وهذا البروتين يتحد مع الكالسيوم لكى يكون protein calcium phospholipid المهم لأظهار النشاط الحيوى كمكون مانع للتجلط .



عملية تكوين مجموعة كربوكسيل على حمض الجلوتاميك بمساعدة فيتامين K



عملية ارتباط أيون الكالسيوم على جزيء Carboxyglutamyl -

فى البروتيـــــن المسبب للتـــــجلط والوظيفة الأساسية لفيـتامين K اذا لـم تكن فقـط هـى تكوين Carboxyglutamic لمنع تجلط الدم كذلك له استعمالات مـع بعـض المركبـات الدوائيـة الأخرى والجرعات الكبيرة خاصة من menadine تسبب تكسر خلايا الدم الحمراء فى الأطفـال وتزيد افراز السوائل المرارية.

المراجع

1-Association of Vitamin Chemists INC. (1975) Methods of vitamin assay. Interscience publishers, NY., USA.

2- Martin, L. W (1985) Water soluble vitamins and fat soluble vitamins in Martin, D. W, Mayes P. A., Radwell, V. W. and Granner, D K eds Harper`s review of Biochemistry.
Lange Medical publications Los Anglos, California USA.

obeikandl.com