

مفردات المنهج:

- الفصل الاول: الفيتامينات
- الفصل الثاني: الهرمونات
- الفصل الثالث: الاكسدة البايولوجية
- الفصل الرابع: ايض الكاربوهيدرات
- الفصل الخامس: ايض الدهون
- الفصل السادس: ايض البروتينات

**الفيتامينات:** هي مركبات عضوية يحتاجها جسم الإنسان بكميات قليلة للقيام بالعديد من الوظائف الحيوية في الجسم لا يتم تصنيعها في جسم الإنسان ويجب الحصول عليها عن طريق الغذاء. باستثناء فيتامين د (vit. D) الذي يتم تصنيعه في الجسم من خلال تعرض الجلد لأشعة الشمس حيث يتحول 7-ديهيدروكوليسترول الموجود في الجلد الي (vit. D) و فيتامين النياسين (vit. B3) يصنع من الحامض الاميني التريبتوفان

**أهم وظائف الفيتامينات:**

1. بعضها يعمل كمنظم لعمليات استقلاب المعادن الغذائية
2. بعضها منظم لنمو الخلايا والأنسجة
3. بعضها يعمل كمضاد للأكسدة
4. بعضها يعمل كعامل مساعد للإنزيمات التي تساعد على تحفيز عمليات التمثيل الغذائي

ان نقص الفيتامينات من الغذاء يسبب الاصابة بالامراض , وهناك بعض الحالات التي تستخدم فيها الفيتامينات كمكملات غذائية كما في حالات الحمل والرضاعة او حالات سوء الامتصاص للفيتامينات من الامعاء , وكذلك استخدامها في العلاج لبعض الحالات المرضية كما في حالة استخدام النياسين Niacin في علاج حالات ارتفاع مستوى الدهون في الدم

Hyperlipidemia

**تصنيف الفيتامينات:**

## CLASSIFICATION OF VITAMINS

1- الفيتامينات الذائبة في الماء

**Water- Soluble Vitamins**

وتضم فيتامين C ومجموعة فيتامينات

(vitamin B complex) B

2- الفيتامينات الذائبة في الدهون

**Fat- Soluble Vitamins**

وتضم فيتامينات A , D, E ,

**Fat-soluble vitamins**

1. Vitamin A
2. Vitamin D
3. Vitamin E
4. Vitamin K

**Water-soluble vitamins**

1. Vitamin B complex
  - Vitamin B1 (thiamine)
  - Vitamin B2 (riboflavin)
  - Vitamin B3 (niacin/niacinamide)
  - Vitamin B5 (pantothenic acid)
  - Vitamin B6 (pyridoxine)
  - Vitamin B7 (biotin)
  - Vitamin B9 (folic acid)
  - Vitamin B12 (cyanocobalamin)
2. Vitamin C

### الفيتامينات الذائبة في الماء :- Water – Soluble Vitamins

الفيتامينات الذائبة في الماء تعتبر غير سامة والزيادة منها لا تشكل خطر لانها تطرح خارج الجسم مع الادرار وتخزن في الجسم بكميات قليلة , الا انه يجب توفرها في الغذاء وبالكميات اللازمة لانها لاتخزن داخل الجسم. في هذا الفصل سنتناول يضم هذا ثمان مركبات تصنف تحت اسم فيتامين B بالاضافة الى فيتامين C , وان العديد من هذه المركبات تعتبر مرافقات انزيمية Coenzyme للانزيمات الداخلة في تفاعلات الايض .

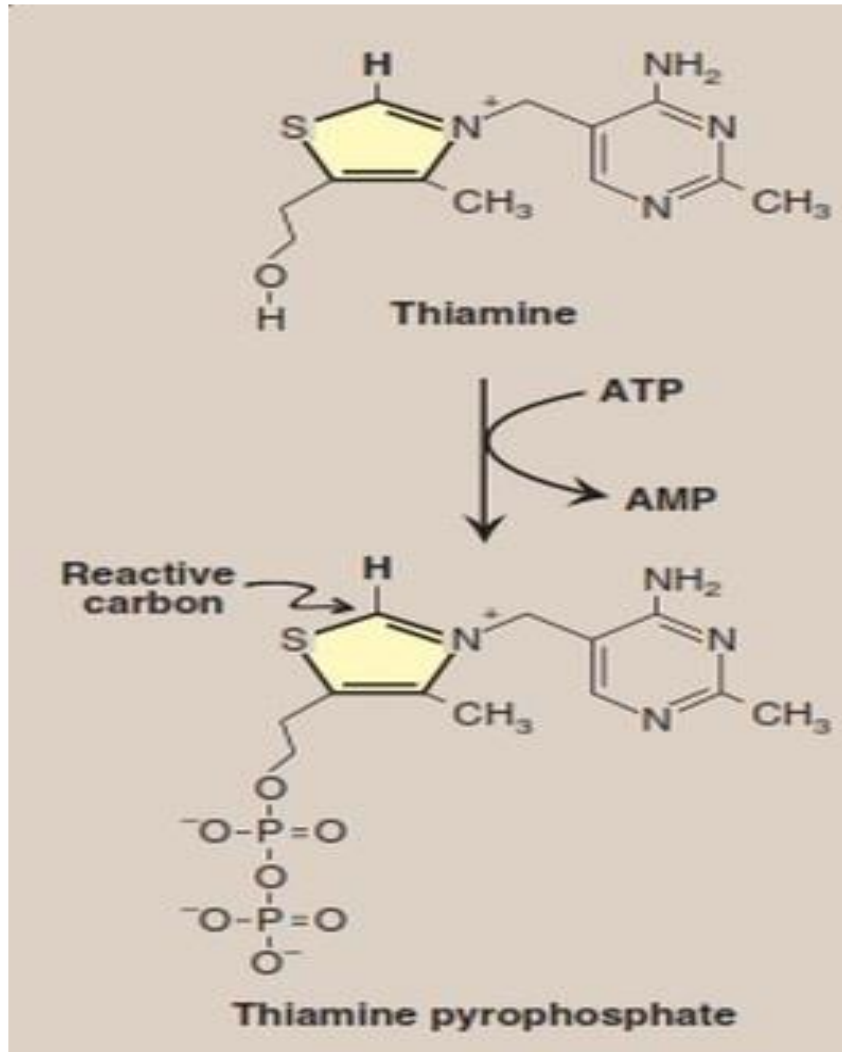
الانزيمات: هي مركبات بروتينية تعمل كعوامل مساعدة تحفز التفاعلات الكيميائية.

تحتاج بعض الإنزيمات مرافقات انزيمية لتكون نشطة. يتم تعريف مرافقات انزيمية على أنها مركب غير بروتيني يجب أن يرتبط بشكل دائم أو بشكل مؤقت بالانزيم حتى يعمل الإنزيم.

1.مجموعة فيتامينات B (vitamin B complex) يشمل هذا الفيتامين مجموعة من المركبات اهمها :

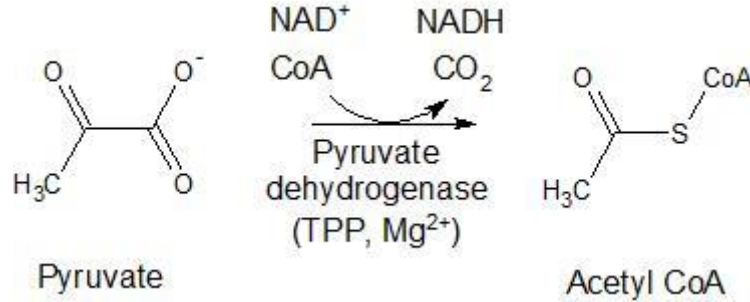
#### 1.1 الثيامين ( Vitamin B1) Thiamine

يتكون كيميائيا من ارتباط جزئتين هما حلقة الثايروزول والبريميدين ( Thiazol + Pyrimidine ) , الا انه الصورة الفعالة لهذا الانزيم هي الثيامين بايروفوسفات والذي يرمز له TPP من خلال انتقال مجموعتي فوسفات من جزيئة ال ATP الى Thiamine وكما موضح بالتفاعل.

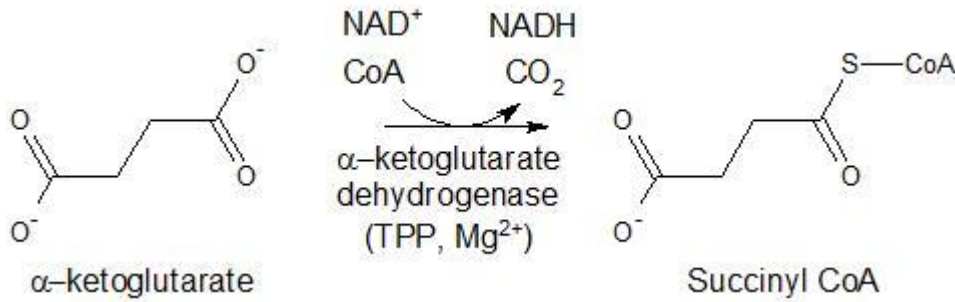


يعمل هذا الفيتامين كمرافق انزيمي في تفاعلات السحب الكربوكسيلي المؤكسد Oxidative decarboxylation للحوامض الكيتونية من أمثلتها:

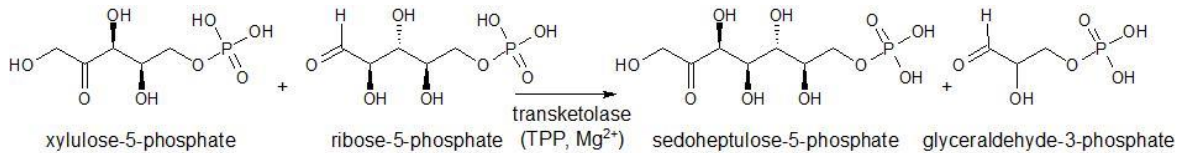
1- سحب مجموعة الكربوكسيل من البايروفيت او حامض البايروفك من خلال الانزيم pyruvate dehydrogenase ليكون الاستيل كو انزيم A (acetyl CoA)



2- سحب مجموعة الكربوكسيل من الحامض الفا كيتو كلوتاريت من خلال الانزيم  $\alpha$ -keto glutrate dehydrogenase ليكون سكسنيل كو انزيم A (succinyl CoA)



3- كذلك يشارك في تفاعلات بناء او تحلل الكيتولات  $\alpha$ -ketols بواسطة الانزيم transketolase في دورة السكر الخماسي الفوسفاتي .

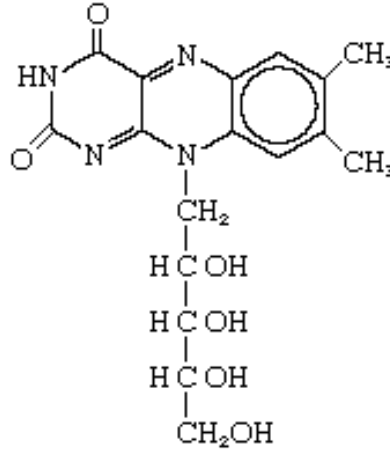


الاهمية السريرية لهذا الفيتامين: ان تفاعلات سحب مجاميع الكربوكسيل من الحوامض الكيتونية البايروفك والالفا كيتو كلوتاريت تلعب دور مهم جدا في انتاج الطاقة لكل خلايا الجسم وكذلك في انسجة الجهاز العصبي , لذا فان نقص فيتامين B1 يؤدي الى خلل في هذه التفاعلات ويحصل نقص في انتاج جزيئات ATP وضعف في اداء الافعال الحيوية , وان نقص هذا الفيتامين يسبب الاصابة بمرض البربري beriberi.

البري بري هو مرض ينجم عن نقص الثيامين (فيتامين ب 1) يحدث في حالات سوء التغذية أو إدمان الكحول. اهم أعراضه التهاب الأعصاب الذي يؤدي إلى تغيرات حسية ، وتدلي القدم أو الرسغ ، وخفقان القلب ، والوذمة ، وفشل القلب.

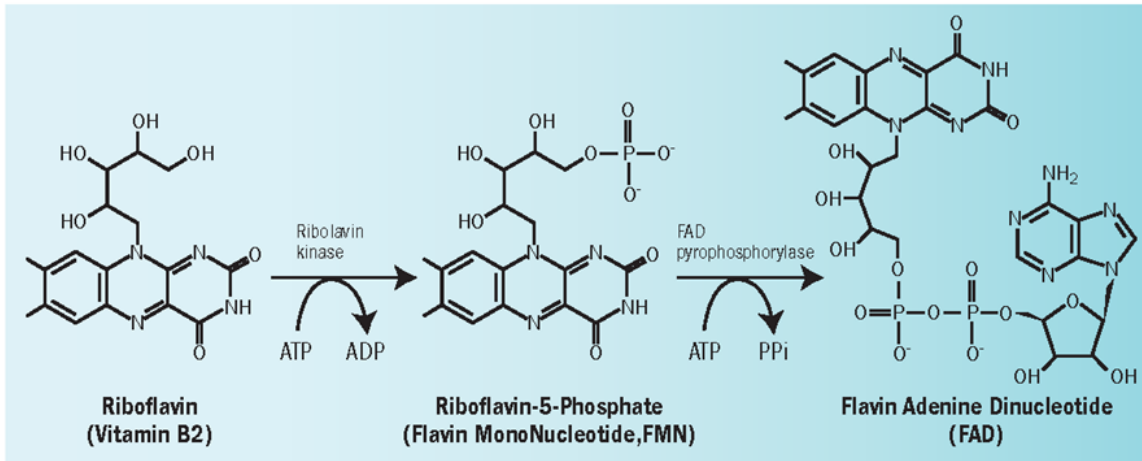
## 2.1 الريبوفلافين ( Riboflavine ( Vitamin B2

يتكون كيميائيا من ارتباط مجموعة (D-Ribitol) او مايسمى (Ribose alcohol) ومجموعة الفلافين (Flavin) ( isoalloxazine ) ويتميز هذا الفيتامين بقدرته على الارتباط مع البروتين وتكوين مركبات ال Flavoprotein التي تشترك في تفاعلات النقل الالكتروني وفي تركيب عدد من الانزيمات اهمها Cytochrome-C Reductase و Amino Acid Oxidase و Xanthine Oxidase .



Vitamin B<sub>2</sub> (riboflavin)

فيتامين B2 له صيغتين فعاليتين , الاولى على شكل الفلافين احادي النيوكليوتيد (Flavine MonoNucleotide (FMN) , و لاخرى هي الفلافين ادنين ثنائي النكليوتيد ( FAD) ( Flavin Adenine Dinucleotide , ان هاتين الصيغتين للفيتامين لهم القابلية على استقبال ذرتي هيدروجين وبصورة عكسية مكونة الصيغ المختزلة FMNH<sub>2</sub> , FADH<sub>2</sub> , وهذه الصيغ للفيتامين تشارك وبصورة تساهمية مع انزيمات الاكسدة والاختزال .



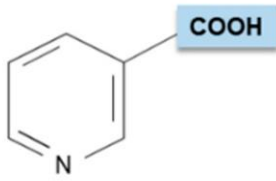
يتواجد هذا الفيتامين في الحليب , البيض, الكبد والخضروات ذات الاوراق الخضراء وكذلك تعتبر الاسماك واللحوم مصادر جيدة لهذا الفيتامين , ولقد اتضح من الدراسات التي اجريت لمعرفة مدى تأثر الانسان بنقص هذا الفيتامين هو عدم وجود مرض محدد ينتج من نقص هذا الفيتامين وذلك لصعوبة الحصول على وجبة غذائية خالية من فيتامين B2 , وعلى الرغم من ذلك وجد ان نقص هذا الفيتامين يسبب التهاب الشفتين تشقق زوايا الفم وتهياب الانف والاذن .

### 3-1 النياسين ( Vitamin B3) Niacin

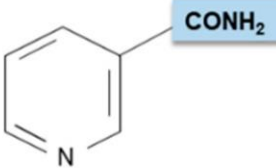
النياسين او حامض النيكوتينك Nicotinic Acid وهو من معوضات البيريدين , يوجد على شكل النيكوتين امايد. يوجد هذا الفيتامين بصيغتين فعاليتين ويوضح المخطط التالي كيفية تكوين هذه الصيغ

- Nicotinamide Adenine Dinucleotide (NAD)
- Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate (NADP)

**A**

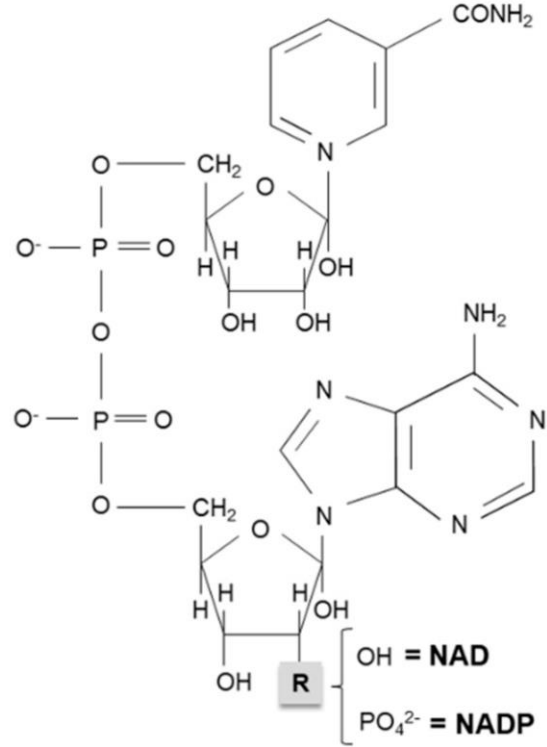


Nicotinic acid



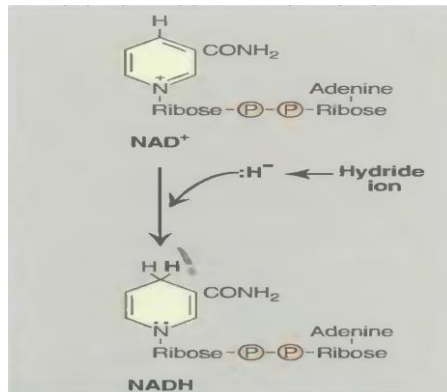
Nicotinamide

**B**



Coenzimatic forms of niacin

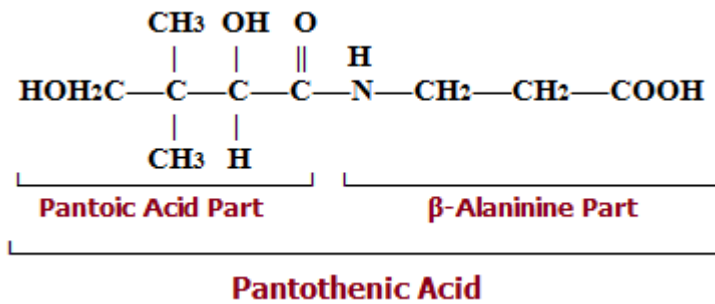
تتميز المركبات  $NAD^+$  ,  $NADP^+$  بكونها مرافقات انزيمية في الكثير من تفاعلات الاكسدة والاختزال و النقل الالكتروني , وتوجد هذه المركبات بصور مختزلة هي  $NADH$  ,  $NADPH$  اذ ان عملية الاختزال تحصل على حلقة البيريدين من خلال اكتساب ايون هيدريد  $H^-$  وكما موضح بالمخطط التالي الذي يوضح تحول صيغة  $NAD^+$  الى صيغة  $NADH$  .



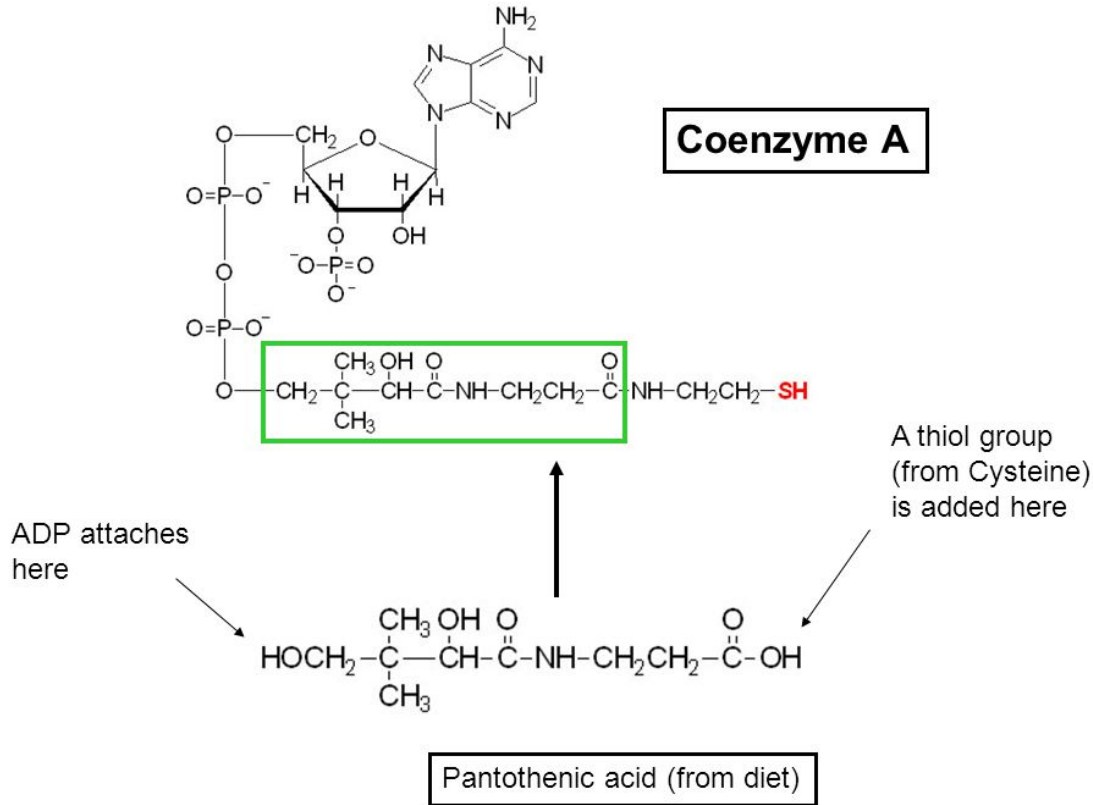
ينتشر هذا الفيتامين بصورة واسعة في الانسجة الحيوانية والنباتية , اذ يعتبر الكبد والكلية واللحم الخالي من الدهون من المصادر الغنية بالفيتامين , اما البيض والحليب ومعظم الفواكه والخضروات فتعتبر من المصادر القليلة الاحتواء للفيتامين . يصنع كذلك هذا الفيتامين من الحامض الاميني التربتوفان ومن خلال سلسلة من التفاعلات , اذ ان كل 60 ملغرام من الحامض الاميني يمكن ان تنتج 1 ملغرام من الفيتامين . ان نقص هذا الفيتامين يسبب الاصابة بمرض البلاغرا والذي يؤثر على الجلد والجهاز العصبي والجهاز الهضمي ( الاسهال والتقيؤ) واذا لم يعالج فانه يسبب الوفاة .

#### 4-1 حامض البانتوثينيك ( Vitamin B5) Pantothenic acid

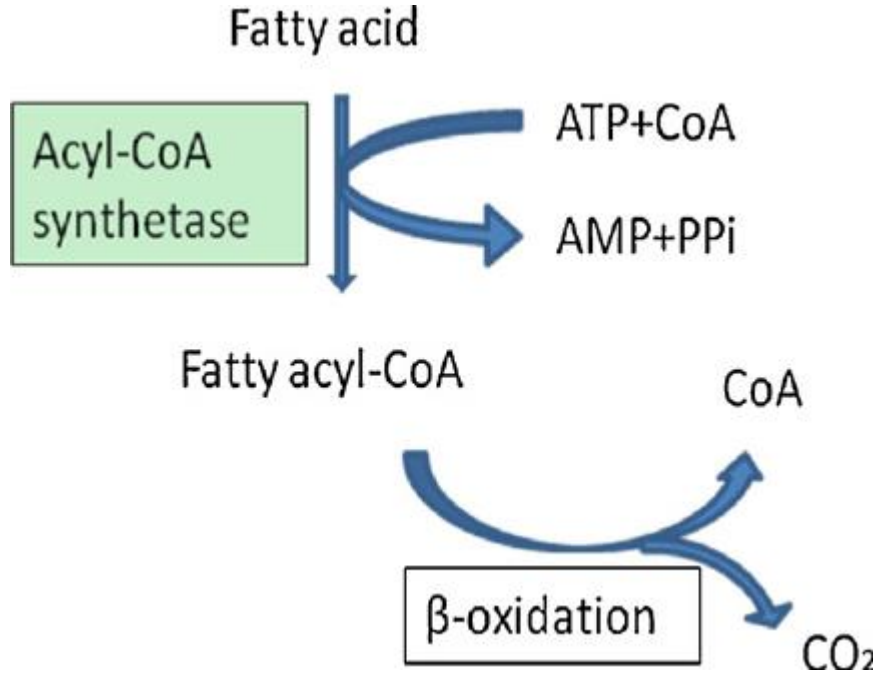
يتكون كيميائيا من ارتباط مجموعة حامض البانتويك (Pantoic acid) ومجموعة الحامض الاميني البيتا ألانين ( $\beta$ -Alanine)



يدخل هذا الفيتامين في تركيب جزء من المرافق الانزيمي المهم Coenzyme A وكما موضح بالتركيب التالي :



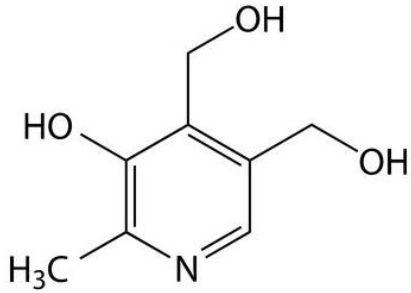
Coenzyme A يملك دور مهم جدا في تفاعلات نقل مجاميع الاسايل Transfer of acyl group المهمة في اكسدة وبناء الدهون اذ يحتوي هذا المرافق الانزيمي على مجموعة الثايول thiol group المهم في تفاعلات الاستلة حيث يعتبر حامل لمجموعة الاسايل وذلك من خلال التنشيط والتحول الى thiol ester و Coenzyme A يلعب دور مهم في تنشيط الحوامض الدهنية وبدء تفاعلات اكسدة بيتا , بالاضافة الى دوره الهام في عمليات تخليق الحوامض الدهنية من خلال دوره في تنشيط الانزيم Fatty acid synthetase .



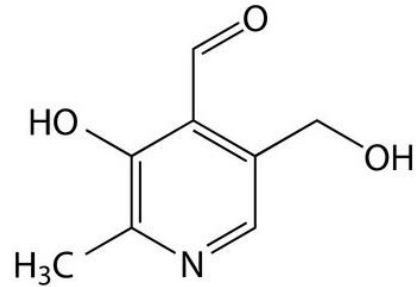
يوجد هذا الفيتامين بكميات كبيرة في البيض والكبد والخمائر واللحم البقري , وكذلك في الخضروات مثل البزاليا والهانة والقرنابيط . تشمل أعراض نقص فيتامين ب 5 (حمض البانتوثينيك) التعب والاكنتاب والأرق وتشنجات العضلات وآلام المعدة والتهابات الجهاز التنفسي والقيء أحياناً.

### 5-1 البيريدوكسين (Vitamin B6) Pyridoxine

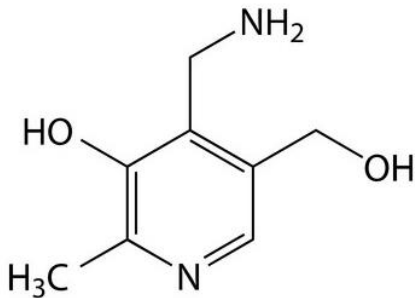
يضم هذا الفيتامين ثلاث مركبات من مشتقات البيردين تقوم بدور فيتامين B6 تختلف فقط في المجموعة الفعالة هم البيريدوكسين (Pyridoxine) والبيريدوكسال (Pyridoxal) والبيريدوكسامين (Pyridoxamine) , ويمكن ان يتحول الواحد الى الاخر , وجميعها تتحول الى الشكل الفعال للفيتامين B6 المتمثل با البيريدوكسال فوسفيت (Pyridoxal phosphate), وكما موضح بالتراكيب الكيميائية التالية :



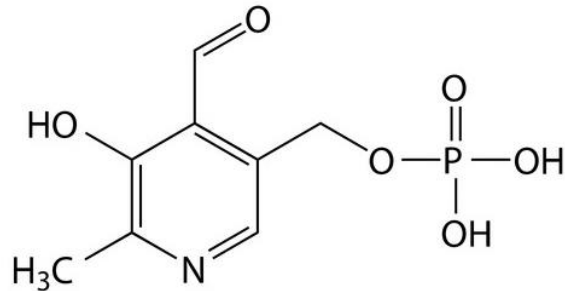
Pyridoxine



Pyridoxal

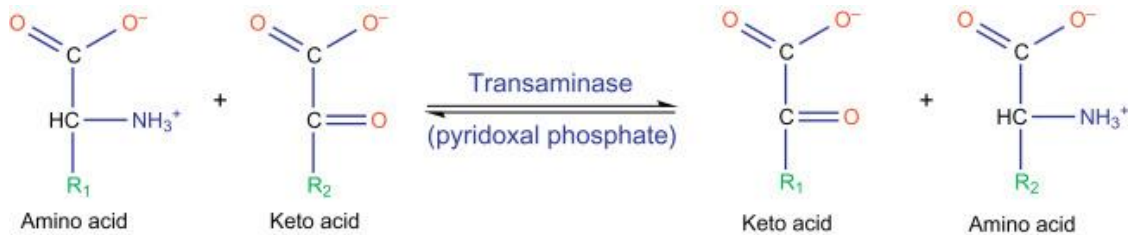


Pyridoxamine



Pyridoxal phosphate

البيريدوكسين يوجد في النباتات , اما البيريدوكسال والبيريدوكسامين فتوجد في الحيوانات وجميعها تعمل كبادئات للمرافق الانزيمي المهم البيريدوكسال فوسفيت Pyridoxal phosphate الذي يعمل كمرافق لعدد من الانزيمات وخصوصا تلك التي تشترك في تفاعلات ايض الاحماض الامينية وكما موضح ادناه :



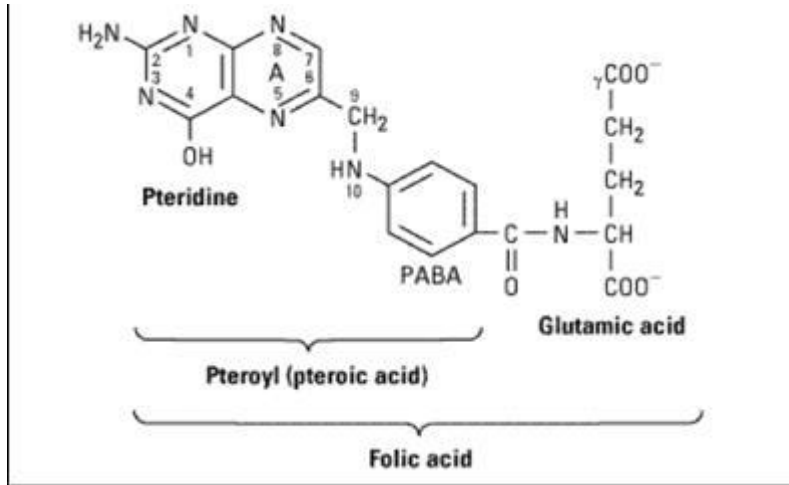




يوجد هذا الفيتامين بكميات كبيرة في الكبد والكلية والحليب وصفار البيض وكما تحتوي الخضروات والحبوب على كميات جيدة من الفيتامين , وكذلك يمكن للبكتريا الموجودة في امعاء الانسان تصنيع كميات من هذا الفيتامين , لذا فان نقصان هذا الفيتامين يكون نادر الحصول , الا انه تناول البيض النيء يعمل على تقليل كمية الفيتامين في الجسم , وذلك بسبب احتوائه على بروتين الافيدين Avidin الذي يتحد مع البايوتين Biotin بروابط قوية وانتاج مركب لايمكن امتصاصه في الامعاء فيطرح الى خارج الجسم , ويمكن التخلص من هذه الحالة بطبخ البيض مما يؤدي الى مسخ بروتين الافيدين ويمنع ارتباطه بالبايوتين . من اعراض نقص البايوتين هي تقشر الجلد , فقر الدم , فقدان الشهية , غثيان وكسل والام العضلات .

### 7-1 حامض الفوليك ( Folic acid ( Vitamin B9

يتركب هذا الفيتامين من ثلاث اجزاء رئيسية هي حلقة البتريدين pteridine وحامض البارامينوزويك P-aminobenzoic acid (PABA) و الحامض الاميني الكلوتاميك Glutamic acid وكما موضح بالتركيب التالي:



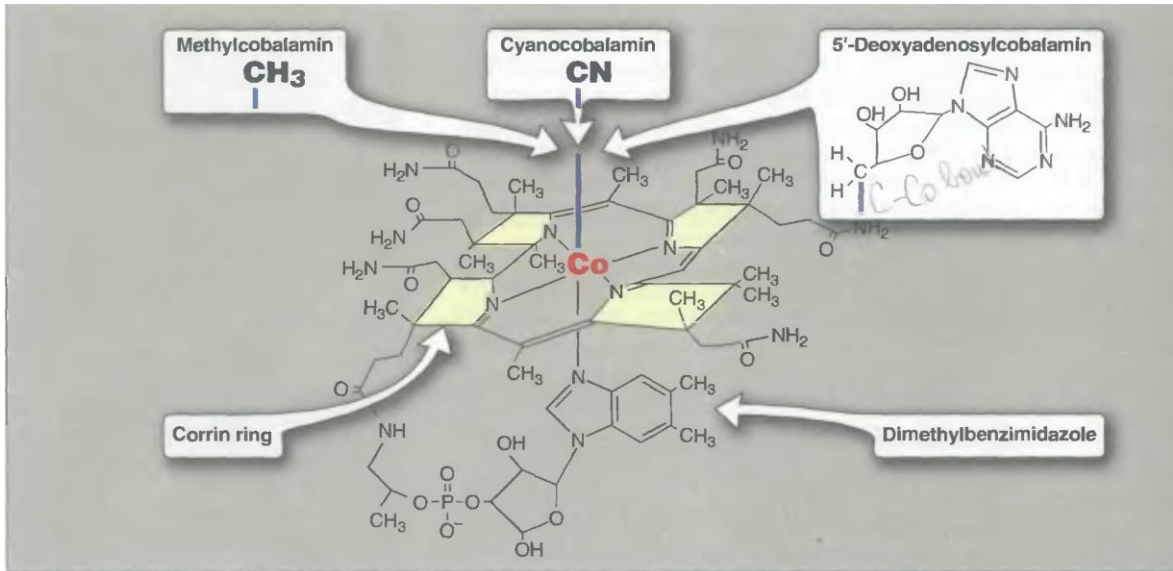
ان جسم الانسان لا يستطيع تصنيع المركب PABA لذلك لا يستطيع تصنيع هذا الفيتامين ويجب توفره في غذائه اليومي , ان الصيغة الفعالة لحامض الفولك هي tetrahydro folic acid ( THFA ) والذي ينتج من خلال اختزال حامض الفولك بفعل الانزيم Dihydrofolate reductase. يتميز حامض الفولك بدوره الفعال في ابيض المركبات الاحادية ذرة الكربون one carbone atom component metabolic بالاضافة الى دوره الاساسي في عملية تصنيع البيورينات , البيريميدينات وبالتحديد والثايمين الذي يدخل في تركيب DNA . يعمل THFA كمستقبل للمكونات الاحادية الكربون من الجزيئات المانحة لها مثل ( السيرين , الكلايسين , الهستدين ) خلال المراحل الوسطية لعمليات تصنيع ( الحوامض الامينية , البيورينات , البيريميدينات وبالاخص الثايمين ) .

يتواجد هذا الفيتامين بكميات جيدة في الخضروات ذات الاوراق الخضراء والبزاليا الخضراء وفي جميع انواع الحبوب والكبد . يحصل نقص الفيتامين لعدة اسباب منها فسيولوجية وبعض الحالات التي يحتاج الجسم الى كميات اضافية من الفيتامين مثل حالات الحمل والرضاعة اذ تنصح النساء في هذه الحالات باخذ مكملات حامض الفولك , او حالات مرضية مثل سوء الامتصاص للفيتامين في الامعاء الدقيقة , او عند الاشخاص المتعاطين للكحول , ويحصل النقص كذلك بسبب تعاطي الادوية المثبطة لتصنيع المركب الفعال للفيتامين THFA مثل sulfonamide compounds.

ان اول الحالات المرضية المصاحبة لنقص هذا الفيتامين هي فقر الدم الخبيث megaloblastic anemia والذي يسبب قلة تصنيع البورينات والبيريميدينات الضرورية في بناء DNA , ويؤثر كذلك على عمليات انقسام DNA خصوصا في الخلايا الجذعية اللازمة لتصنيع كريات الدم الحمراء .

### 8-1 كوبالامين (Cobalamin (Vitamin B12

هو عبارة عن مركب حلقي يحوي على ذرة الكوبلت في وسط التركيب الحلقي مرتبطة برباع اواصر تناسقية من خلال ذرات N لحلقات البيرول والاصرة الخامسة مع ذرة N للمجموعة Dimethyl benzimidazol والاصرة السادسة مع مجموعة CN ليعطي فيتامين B12 التجاري والذي يسمى cyanocobalamin ويمكن ان تستبدل مجموعة CN بالمجموعة 5-Deoxyadenosine ليعطي المركب 5-Deoxyadenosylcobalamin وهو قليل التواجد , او يمكن ان تستبدل CN بمجموعة المثل ليعطي المركب methylcobalamin .

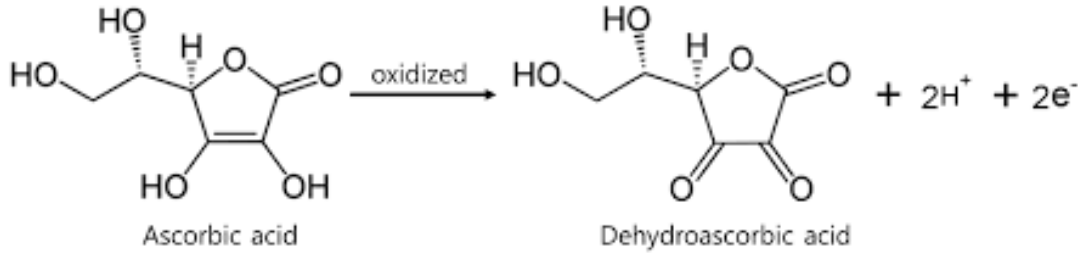


يصنع هذا الفيتامين فقط في الكائنات المجهرية ولا يصنع في النباتات , اما الحيوانات فانها تحصل عليه من غذائها الذي قد يحوي على البكتريا المصنعة لهذا الفيتامين , ويوجد هذا الفيتامين بكميات جيدة في الكبد , الحليب , البيض , الخمائر , الفطر , الدجاج والمحار .

يعرف هذا الفيتامين بالفيتامين المضاد لفقر الدم الخبيث والذي قد ينتج لنقص الفيتامين او لنقص العامل الداخلي والذي هو عبارة عن مركب Glycoprotein موجود ضمن افرازات العصارة المعدية والضروري لامتصاص فيتامين B12 حيث يعمل على تسريع امتصاص الفيتامين في الامعاء . يحصل النقص في العامل الداخلي نتيجة قلة افرازه في العصارة المعدية او نتيجة لوجود المركبات المضادة لهذا العامل , بالتالي يحصل انخفاض في امتصاص B12 مما يسبب الاصابة بفقر الدم . نقص فيتامين ب 12 يؤثر بشكل شائع على النباتيين (أولئك الذين لا يأكلون منتجات حيوانية) ، وأطفال الأمهات النباتيات ، وكبار السن. تشمل أعراض النقص فقر الدم والإرهاق والاضطرابات العصبية مما يؤدي إلى التنميل والوخز. اماسمية فيتامين ب 12 لا توجد مشاكل معروفة تتعلق بالإفراط في تناول فيتامين ب 12.

## 2- فيتامين سي (L-Ascorbic acid (Vitamin C

فيتامين C او حامض الاسكوربيك وهو احد مشتقات السكريات السداسية , اذ يصنع من اكسدة الكلوكوز بواسطة الانزيم L-Gluconoxidase , ونظرا لعدم وجود هذا الانزيم في جسم الانسان لذا لا يستطيع جسم الانسان تصنيع هذا الفيتامين ويجب توفره في الغذاء اليومي . يعتبر فيتامين C عامل مختزل قوي , حامضي وان حامضيته ناتجة من وجود مجموعتي الهيدروكسيل الاينولية التي يمكن ان تحرر ذرتي هيدروجين فيتحول الى الصيغة المختزلة للفيتامين L-Dehydroascorbic acid وهي الصيغة المتوفرة في الانسجة والبلازما والتي يمكن ان تتحول الى الصيغة المؤكسدة باكتساب ذرتي هيدروجين .



فيتامين C يعتبر شديد الحساسية للاكسدة والوسط القاعدي لذا يحفظ في الوسط الحامضي الضعيف , والمنتجات الحاوية على فيتامين C لا تحفظ في العلب المصنوعة من النحاس .

فيتامين C يعمل كمراقب انزيمي في تفاعلات اضافة مجاميع الهيدروكسيل الى الحوامض الامينية الاليسين والبرولين الموجودة في تركيب بروتين الكولاجين الذي يدخل في تركيب الانسجة الرابطة والعظام والاسنان , بالاضافة الى دوره الرئيسي كمضاد للاكسدة اذ يعمل على تقليل تفاعلات جذور الاوكسجين الفعالة Reactive Oxygen Species (ROS) وذلك من خلال تحويل هذه الجذور الى مركبات غير فعالة , ان هذه الجذور تنتج كناتج عرضية لعمليات الايض , التنفس , التعرض لاشعة الشمس , التدخين , التعرض للملوثات والاوزون , والتي تتميز بقابليتها للاتحاد مع الاغشية الخلوية من خلال الحوامض الدهنية غير المشبعة وكذلك تؤثر على تراكيب البروتينات و DNA , بالتالي تسبب عدد من الامراض اهمها امراض القلب والسرطان , لذا يستخدم فيتامين C كمكمل غذائي لمنع الاصابة بهذه الامراض .

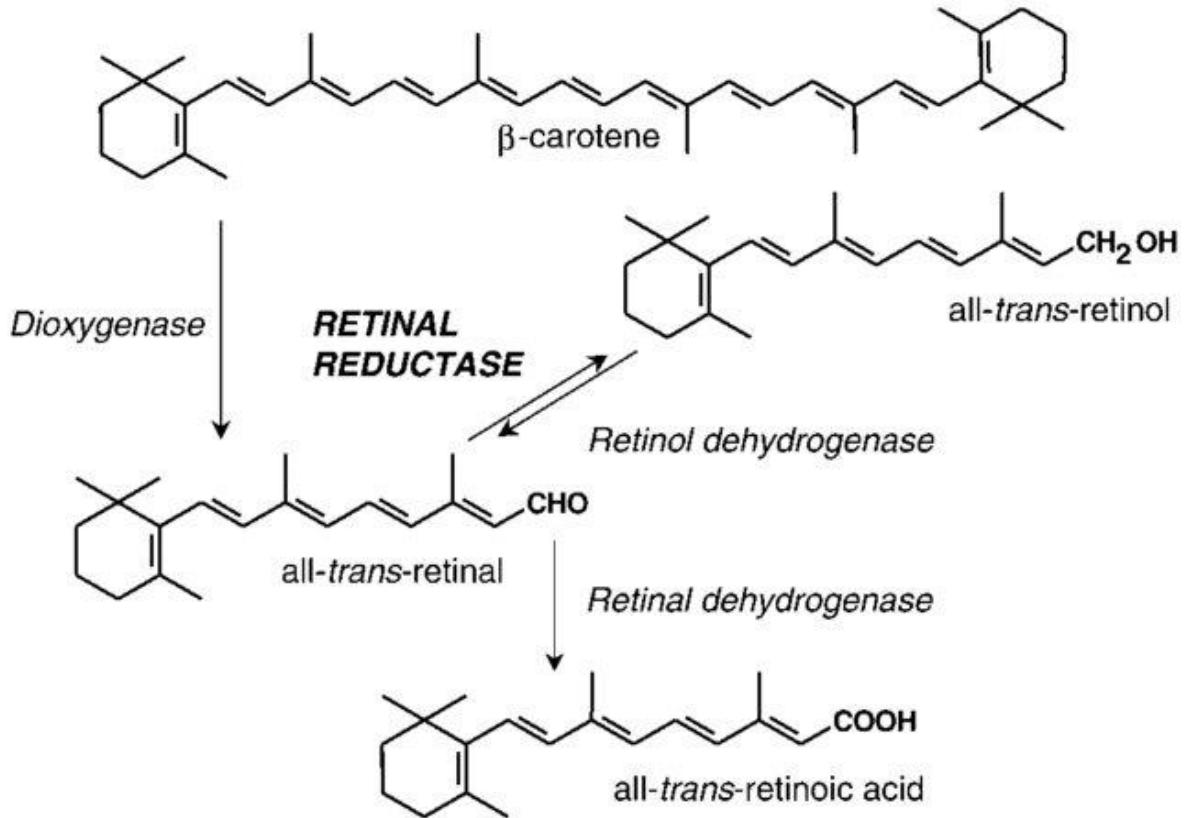
يتواجد فيتامين C بنسبة عالية في الحمضيات والطماطة واللفل الاخضر , وكافة الخضروات الخضراء تعتبر مصدر جيد للفيتامين . نقص فيتامين C يسبب الاصابة بمرض الاسقربوط الذي من اعراضه الام المفاصل ونزف الاغشية المخاطية للحم والقناة المعوية والجلد والعضلات وانتفاخ اللثة , وهذه الاعراض ناتجة من الخلل في انتاج الكولاجين لعدم حصول تفاعلات اضافة الهيدروكسيل مما يؤدي الى حصول ضعف في الانسجة الرابطة . اكتشف هذا المرض عند البحارة الذين تستغرق سفراتهم وقت طويل وعدم تناولهم للاغذية الطازجة والحمضيات , لذا تقرر ان يكون عصير الليمون من الاغذية الرئيسية للبحارة في رحلاتهم لمنع الاصابة بهذا المرض .

## 2- الفيتامينات الذائبة في الدهون Fat – soluble vitamins

يشمل هذا الصنف من الفيتامينات اربع فيتامينات هي A , D , E , K تختلف وظيفتها عن الفيتامينات الذائبة في الماء , ويعمل فقط فيتامين K كمرافق انزيمي . وهي مركبات دهنية ومقاومة للماء , يتم تخزينها في الكبد ولا تفرز خارج الجسم. هناك حاجة إلى الأملاح والدهون الصفراوية لامتصاصها. ان هذا النوع من الفيتامينات يمتص وينقل وي طرح مع الدهون ولا يمكن ان يطرح عن طريق الادرار , لذا فان الزيادة من اخذ هذا النوع من الفيتامينات سوف تشكل خطر على صحة الانسان لان الزيادة من خزنها تسبب التسمم بهذه الفيتامينات وبالاخص فيتاميني A و D .

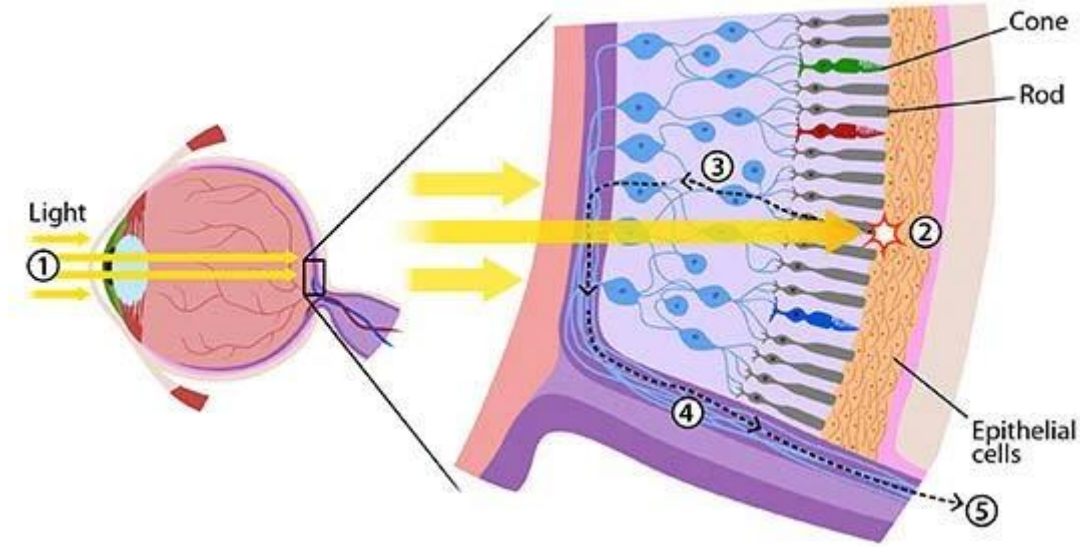
### 1- فيتامين اي (Vitamin A (Retinol

يوجد فيتامين A فقط في الانسجة الحيوانية , اما الانسجة النباتية فتحتوي فقط على المواد الاولية اللازمة لتحضيره , فالجزر والذرة الصفراء تحوي على الكاروتينات والتي تقطت عليها الحيوانات وتستخدمها في تصنيع فيتامين A , ان من اهم الكاروتينات التي تستخدم في تحضير فيتامين A هي  $\beta$ -Carotene والتي تسمى Pro-Vitamin A والتي تحوي على عدد من الاواصر المزدوجة تكون بترتيب ترانس , تتجزء هذه المركبات من وسط السلسلة لتعطي جزيئين من فيتامين A الرتينول Retinol وهو مركب كحولي غير مشبع يوجد بصورة حرة او متأستر مع الحوامض الدهنية طويلة السلسلة , ويمكن ان يتأكسد الى صيغة الالديهيد ويعطي الرتينال Retinal وكما موضح بالتركيب التالية :



ان من اهم وظائف فيتامين A هي مشاركته في عملية الرؤيا , والنمو من خلال دوره في انتاج عدد من البروتينات , والمحافظة على انتاج الخلايا الطلائية Epithelial cell وانتاج بروتين الكرياتين في الجلد والشعر والاطافر , وكذلك دوره كمادة مضادة للاكسدة لان الكاروتينات تعتبر كقوانص للجذور الحرة .

يمكن توضيح دور فيتامين A في عملية الرؤيا من خلال الميكانيكية التالية : ففي داخل الجسم يتحول قسم من Vit-A الذي يوجد بوضعية trans الى الوضعية cis , وتتأكسد مجموعة الكحول الى الالديهيد فيسمى المركب الناتج 11-cis-retinal . تحتوي شبكية العين على نوعين من الخلايا المستقبلة احدهم بشكل العود Rod والآخرى مخروطية Cones والتي تحتوي على جزيئات البروتين Opsin , ففي الخلايا العود يحصل الاتحاد بين 11-cis-retinal مع Opsin ليكون المعقد او الصبغة المسؤولة عن حصول الرؤيا والذي يسمى Rhodopsin ويعتبر هذا المركب البروتيني اساس الكيمياء الحياتية الحساسة للضوء , ويعتبر الجسيمة المميزة للرؤيا في المخروط البصري , عند سقوط الضوء على هذا المعقد يتحول cis-retinal الى الايزومر trans ويصحب هذا التغيير تغيرا في القدرة الكهربائية لاثارة العصب الخاص للبصر فيبصر الشخص الهدف الذي كان سبب التغيير.

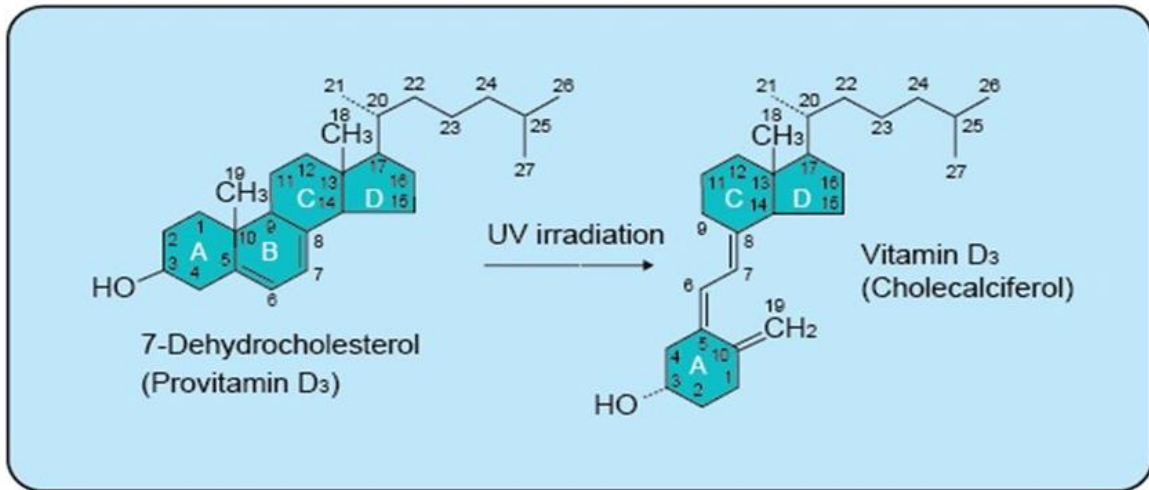
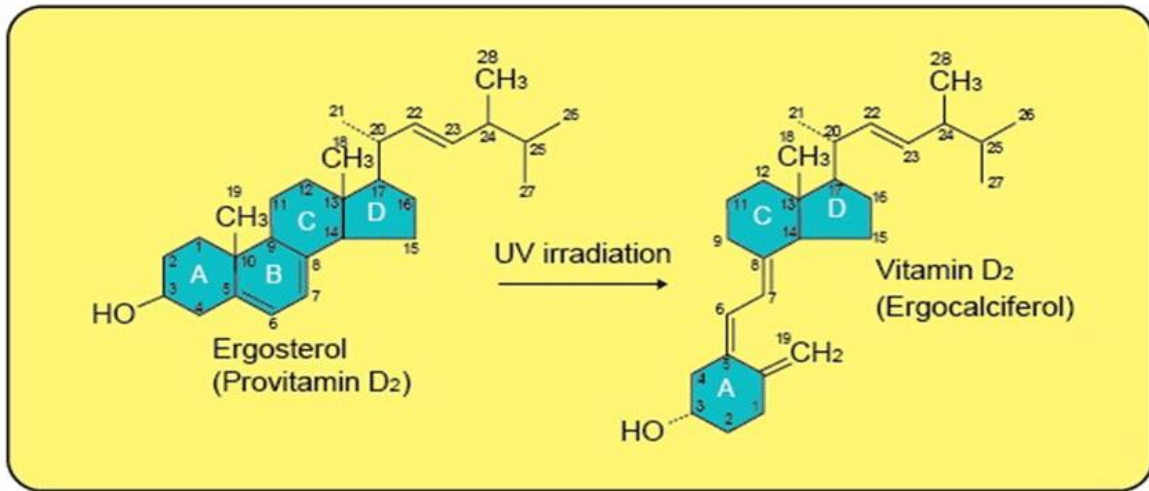


بعد ذلك يتجزء المعقد Rhodopsin الى بروتين opsin و trans-retinal الذي يعود الى وضعية cis والذي يعاد استخدامه في عملية رؤيا جديدة , الا ان تكرار العملية يؤدي الى استهلاك جزء من retinal مما يتطلب تعويض الكمية المفقودة باستخدام فيتامين A من المجرى الدموي .

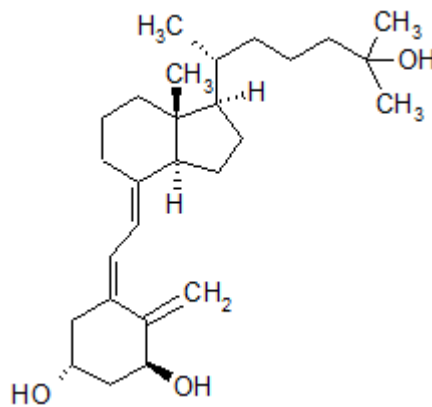
يوجد فيتامين A بكميات كبيرة في زيت كبد السمك , كما تعتبر الاسماك , الكبد, البيض, الزبد والجبن من المصادر الجيدة للفيتامين , اما الخضروات الخضراء والجزر والطماطم فتعتبر مصادر للمواد الاولية لتصنيع الفيتامين من قبل الانسان . نقص فيتامين A يسبب خلل في عملية الرؤيا والاصابة بالعمى الليلي وكذلك يؤثر على معدلات النمو ونمو الخلايا الطلائية Epithelial cell .

## 2- فيتامين دي (Vitamin D (cholecalciferol)

وهي مركبات ذات تركيب كحول ستيرويدي Sterol تملك فعالية مشابهة للهورمونات . ان مصادر فيتامين D اما النباتات لاحتوائها على المركب Ergosterol الذي يتحول بفعل اشعة الشمس الى Ergocalciferol والذي يسمى vitamin D2 , او المركب 7-Dehydrocholesterol الذي يعتبر احد المركبات الوسيطة في عملية تصنيع الكولسترول والذي يخزن تحت الجلد وعند تعرض الشخص لاشعة الشمس يتحول الى cholecalciferol فيتامين D3 .



ان D2 و D3 تعتبر الصور الغير فعالة للفيتامين D والتي تتحول الى الشكل الفعال من خلال سلسلة من تفاعلات اضافة مجاميع الهيدروكسيل لتعطي المركب الفعال 1,25-dihydroxycholecalciferol (Calcitriol) الذي يرمز له (1,25- diOH D3) كما موضح بالشكل ادناه:

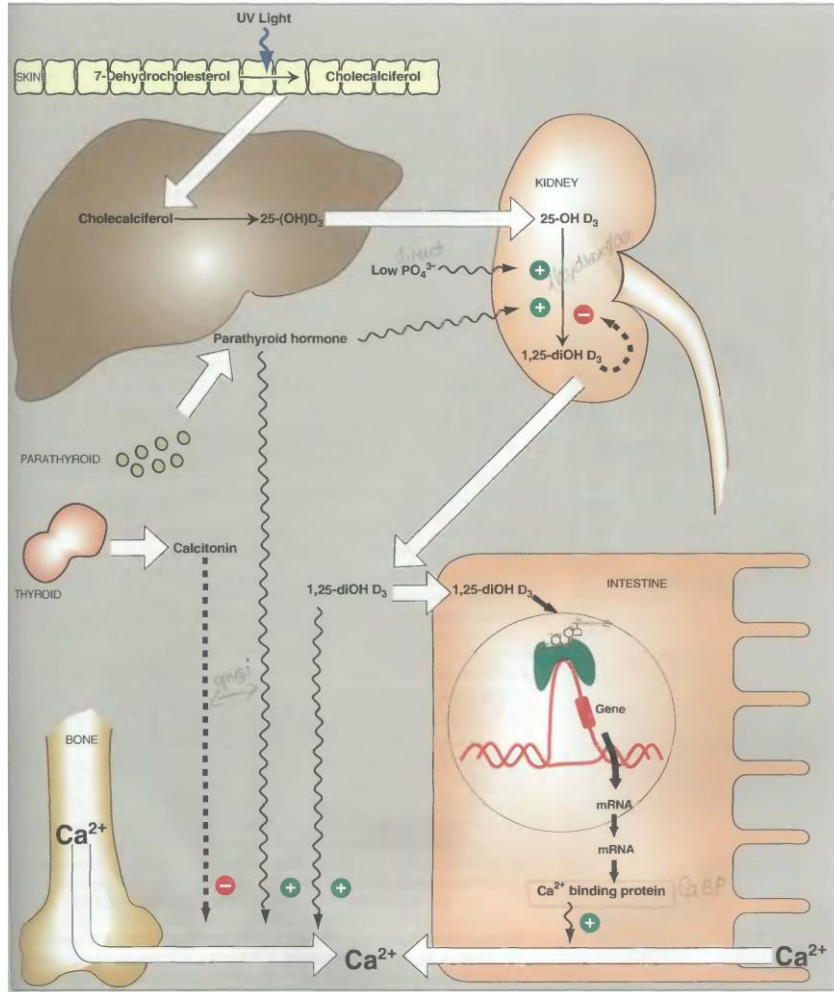


فيتامين D يرتبط مع مستقبلات بروتينية للخلايا الهدف , والمعقد المتكون يرتبط مع DNA داخل الانوية للخلايا الهدف , بالتالي يؤثر وبصورة انتقائية على عمليات التعبير الجيني Gene Expression وخصوصا على عمليات الاستنساخ , الا انه الدور الرئيسي للفيتامين هو المحافظة على مستوى عنصري P و Ca في بلازما الدم وذلك من خلال ثلاث عمليات:

1- زيادة امتصاص Ca من الامعاء ( وذلك من خلال دور الفيتامين على DNA لخلايا بطانة الامعاء وتحفيزها على انتاج البروتينات المتخصصة للارتباط مع الكالسيوم والتي تسرع امتصاصه ) .

2- تقليل من طرح الكالسيوم عن طريق الكلى ( وذلك من خلال تأثيره على هرمون الكالستونين calcitonin المفرز من الغدة جار الدرقية ) .

3- تحفيز اعادة امتصاص الكالسيوم من العظام في الحالات الضرورية (وذلك من خلال تأثيره على هرمون الكالستونين calcitonin الذي يعمل على المحافظة على مستوى الكالسيوم , ففي حالات النقص في الدم يعمل على تحريره من العظام ) .



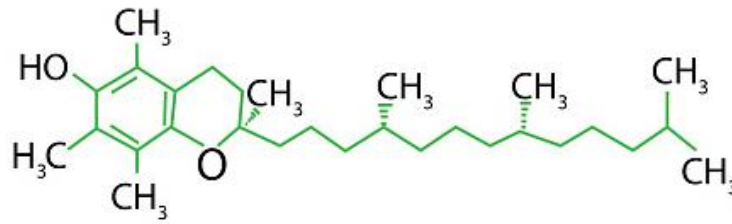
ان نقص فيتامين D يسبب الاصابة بالكساح Rickets عند الاطفال , اذ ارتبط اسم الفيتامين بمرض الكساح لحد انه يسمى الفيتامين المضاد للكساح , نقص فيتامين D عند البالغين يسبب هشاشة العظام osteoporosis ولين العظام osteomalacia , اذ تتميز هاتين الحالتين بضعف في تركيب العظام لوجود نقص في المكونات اللاعضوية Ca و P , ويحصل نقص فيتامين D في حالة امراض الكلى المزمنة chronic renal failure بسبب عدم قابلية الكلى على تحويل D3 الى الشكل الفعال (1,25 diOH D3) الذي ينتج في الكلى .



يتواجد فيتامين D بكثرة في زيت السمك , الكبد , صفار البيض و الحليب , الا انه الخضروات تعتبر مصادر فقيرة للفيتامين , وان زيادة فيتامين D في الجسم تسبب حالات التسمم اذ يخزن في النسيج الدهني وكذلك يتميز ببطى تحلله , اذ يعتبر فيتامين D سام اكثر من الفيتامينات الاخرى .

### 3-فيتامين ابي (Vitamin E ( $\alpha$ -Tocopherol

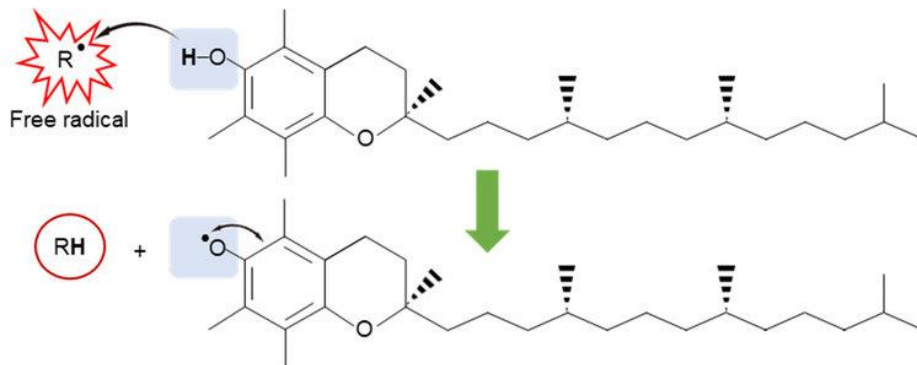
يوجد هذا الفيتامين في الطبيعة على شكل ثمان مركبات تتمتع بفعالية الفيتامين , و جميعها من مشتقات المركب الفينولي التوكوفيرول (Tocopherol) وان اهم هذه المركبات واكثرهم فعالية هو  $\alpha$ -Tocopherol ذو التركيب الكيميائي التالي :



Tocopherol

يتميز التوكوفيرول شأنه شأن الفينولات بكونها مركبات حساسة للاكسدة , لذا تقوم بدور الحماية للحوامض الدهنية غير المشبعة تجاه الجذور الحرة الفعالة لذا يعتبر من المواد المضادة للاكسدة Antioxidant agent , اذ تنشأ الجذور الحرة بواسطة تفاعلات انزيمية وغير انزيمية وتمارس دور العوامل المؤكسدة للاواصر غير المشبعة في الحوامض الدهنية , يمثل فيتامين E الخط الدفاعي الاول ضد جذور البيروكسيد Peroxidation التي تهاجم الحوامض الدهنية غير المشبعة الموجودة في الدهون الفوسفاتية للاغشية الخلوية وتحت الخلوية , ويبدو ان الدهون الفوسفاتية في المايوتكوندريا والشبكة السائتوبلازمية الباطنية والاعشبية البلازمية لها الفة عالية للمركب  $\alpha$ -Tocopherol ويتركز الفيتامين في هذهالمواقع , اذ يعمل  $\alpha$ -Tocopherol في هذه المواقع كمضاد للاكسدة من خلال قدرته لنقل ذرة H من الحلقة الفينولية للفيتامين الى جذر البيروكسيل الحر للحامض الدهني غير المشبع , وان جذور الفينوكسي المتكون يتفاعل مع فيتامين C او جذر بيروكسيل اخر لاعادة تكوين  $\alpha$ -Tocopherol من جديد .

### Vitamin E

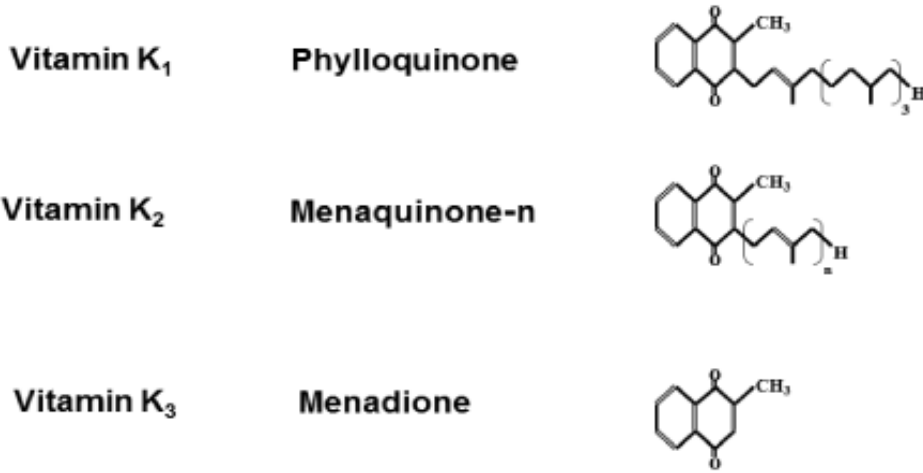


الجدور الحرة تكون سبب للكثير من الامراض منها امراض القلب وامراض الشرايين وامراض السرطان , لذا فان نقص الفيتامين ومضادات الاكسدة يؤدي الى زيادة او تسريع الاصابة بهذه الامراض , وفي هذه الحالات ينصح باستخدام الفيتامين للعلاج ومنع الاصابة بهذه الامراض . عرف فيتامين E كمادة مانعة للعقم في الفئران ويعرف ايضا بالفيتامين المضاد للعقم او فيتامين الاخصاب .

يتوفر فيتامين E في النباتات الخضراء والزيوت النباتية وصفار البيض واللحوم , ويصعب اختيار الوجبة الغذائية الخالية من الفيتامين , وهو يشبه فيتاميني A,D بكونه يذوب في الدهون ويخزن لوقت الحاجة , الا انه يختلف عنهم بكون الزيادة منه لا تشكل خطر واضح على صحة الانسان .

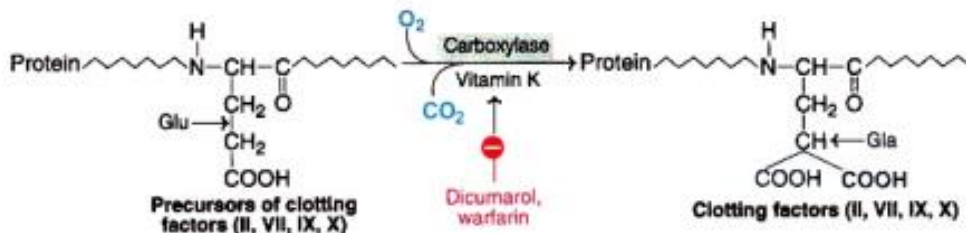
#### 4- فيتامين كي Vitamin K

يوجد فيتامين K ثلاثة اشكال في النباتات على شكل فيلوكينون K1 phylloquinone , ويصنع من قبل البكتريا المعوية على شكل ميناكينون K2 menaquinone-n حيث (n=6, 7 or 9 isoprenoid groups) ويحضر صناعيا ليستخدم في العلاج على شكل ميناديون K3 menadione .

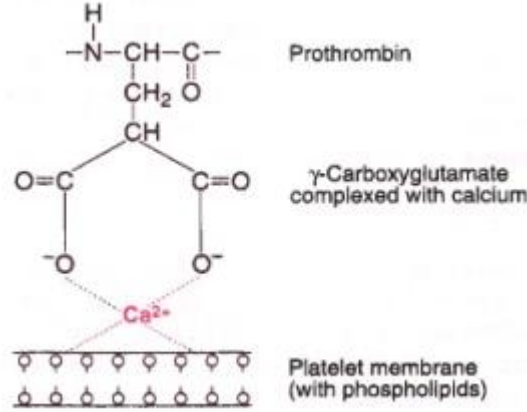


فيتامين k له دور رئيسي في عملية تخثر الدم , اذ يؤثر على عملية تصنيع بروتين البروثرومبين في الكبد وعدد من البروتينات التي تسمى عوامل التخثر ( II, VII, IIX, X ) , اذ ان هذه البروتينات توجد بصورتها

غير الفعالة وتتنشط الى الصورة الفعالة بفعل Vit. K الذي يعمل على اضافة مجموعة الكربوكسيل للحامض الاميني حامض الكلوتاميك (Glu) في هذه البروتينات ونتاج المركب البروتيني المسمى ( $\gamma$ -carboxy glutamate (Gla) الذي يعتبر المركب الفعال في عملية التخثر وهذا التفاعل يحتاج الى وجود Vit. K , CO<sub>2</sub> , O<sub>2</sub> وتكون هذه التفاعلات حساسة جدا لمضادات التخثر وبالاخص المركبين (Dicumaro, Warfarin) التي تمنع عملية اضافة مجموعة الكربوكسيل لعوامل التخثر.



ان المركب  $\gamma$ -carboxy glutamate ( Gla) يعتبر ليكند كلابي لاحتوائه على شحنتين سالبة (مجموعتي  $\text{COO}^-$ ) والذي يتفاعل مع ايون الكالسيوم  $\text{Ca}^{+2}$  وتكوين المعقد (Prothrombin-Calcium Complex) الذي له القابلية على الارتباط مع الدهون الفوسفاتية الموجودة على سطح الصفائح الدموية وان هذا الاتحاد سوف يسرع من معدل تحول البروثرومبين الى الثرومبين وتكوين الجلطة وايقاف النزف .



يوجد فيتامين k في القرنابيط واللهانة والسبانخ اضافة الى الكثير من الخضروات الاخرى , كما يوجد في الحبن , صفار البيض و الكبد , ويصنع في الامعاء بواسطة البكتريا المعوية , وان كمية ما يؤخذ من الفيتامين في الطعام مهم جدا لان نمو البكتريا يتعرض الى خطر خصوصا في حالات اخذ الادوية المضادة لنمو البكتريا , Antibiotic , sulfonamide .

نقص فيتامين k يسبب نقص في كمية بروتين البروثرومبين الموجود في بلازما الدم مما يجعل الوقت الازم لتخثر الدم اطول وتظهر اعراض النزف الداخلي .