الكولونك L-Gulonic acid (وهو ناتج سلسلة من التفاعلات التي تبدأ بالكلوكوز) إلى حامض الأسكوربيك.

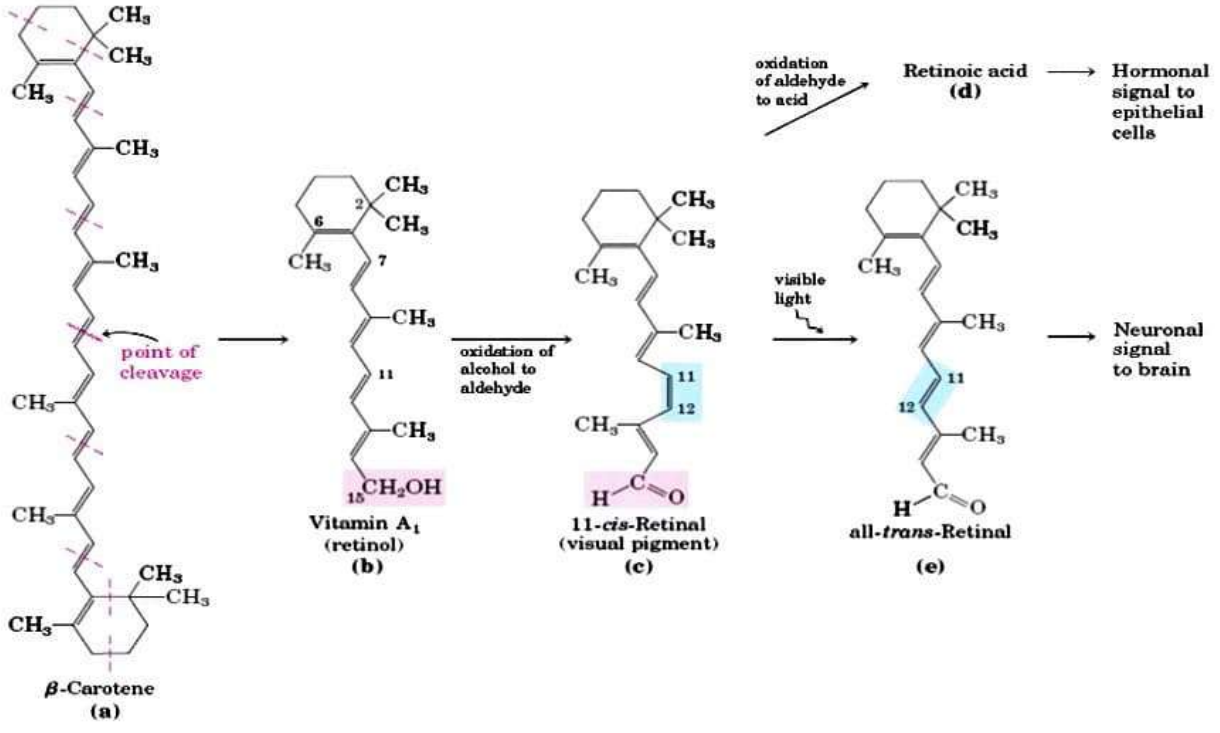
7- نقصه يسبب مرض الاسقربوط Scurvy وفقر الدم فضلاً عن بطء التئام الجروح وفقدان المادة اللاحمة في العظام والأسنان.

الفيتامينات الذائبة في الدهون

تبنى جميع الفيتامينات الذائبة في الدهون(A، E، D، K) من مركب الأيزوبرينويد.

فيتامين A

يتكون فيتامين A من بيتا- كاروتين وذلك بانشطار سلسلة الأيزوبرين في منتصفها بوجود إنزيم ثنائي أوكسجينيز Dioxgenase الذي بوساطته تتكون جزيئتان من الريتنال Retinal (**الشكل 21-9**) والذي يمكن اختزال مجموعة الألديهايد فيه متحولاً إلى Retinol الذي يعرف أيضاً بفيتامين A الكحولي.



الشكل (21-9): (a) انقسام بيتا – كاروتين β-Carotene .(b) تكوين الريتونول Retinol .
(c) 11 – سيز- ريتينال 11-cis Retinal (d) حامض الرتينويك Retinoic acid .
(e) ترانس- ريتينال all-trans Retinal.

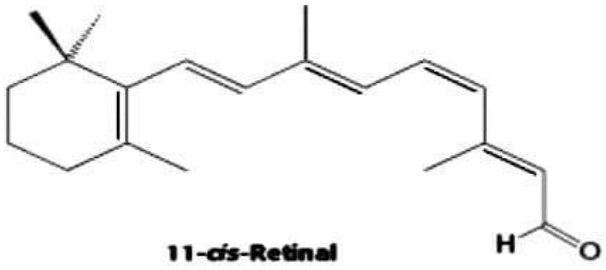
الصفات العامة:

1- إن مصادر جميع أنواع فيتامين A هي بعض الأصباغ النباتية وهذه الأصباغ تعرف بالأصباغ الكاروتينويدية Carotenoid pigments وتكثر في الجزر وكذلك في الحليب والبيض والكبد ويتواجد في المصادر الحيوانية على شكل ريتينول Retinol.

2- للفيتامين عدة وظائف مهمة منها المحافظة على سلامة الأنسجة الظهارية Epithelial tissue وفي غيابه تتحول الأنسجة الظهارية إلى متقرنة وجافة وبالتالي يمكن ان تحدث لها حالات مرضية مختلفة.

3- لفيتامين A دور في الرؤيا اذ يعد الرتينال مادة ملونة للصبغة الضوئية رودوبسين Rhodopsin الذي هو عبارة عن بروتين حساس للضوء ناتج عن إتحاد بروتين دهني يدعى أوبسين Opsin مع الرتينال.

أن فعل الضوء القادم إلى العين هو تحويل الرتينال من نوع سيز cis في الموقع 11 إلى ترانس trans ونتيجة لذلك فإن الخلايا الضوئية المستقبلة في العين تستقطب الضوء وتبدأ بأرسال الرسالة الضوئية إلى الدماغ.



4- فيتامين A محفز للتناسل ومهم في عملية النمو. إذ أثبتت البحوث إن لفيتامين A دوراً مهماً في تكوين النطف وتنظيم الدورة الشهرية عند الإناث وكذلك تثبيت الجنين في الرحم.

5- يحافظ على الجلد صحياً.

6- يدخل في وظائف العظام وخلايا الدم الحمر وله وظائف مناعية، ففي العظام قد يكون الفيتامين A دور في عملية انقسام الخلايا وتكوينها ودور في العمليات الحيوية والفسيولوجية. ويشارك أيضاً في الجهاز المناعي من خلال دخوله في تكوين الكاربوهيدرات المخاطية المكونة للمخاط Mucous والموجودة في القنوات الجسمية المختلفة والتي تستخدم للحماية من البكتريا والإصابة بالمكروبات والمواد الضارة اذ تمنع نفاذها إلى الجسم ومن هذه الكاربوهيدرات المخاطية هي المخاطية المكونة للدموع التي تكون ضرورية لصحة القرنية Cornea وبقائها بشكل طبيعي.

7- يدخل في تكوين عدد من الهورمونات مثل هورمونات الكورتيزون Cortisone وبالتالي فأن له دور في عمليات أيض الدهون والكاربوهيدرات والبروتينات والصوديوم والبوتاسيوم.

8- ينظم عملية التعبير الجيني Gene expression وتمايز الخلايا Cell differentiation من خلال حامض الريتيونيك Retionic acid الذي يرتبط مع مستقبلات نووية Nuclear receptors وهذا الارتباط هو المسؤول عن عملية تنظيم استنساخ المعلومات من الجينات في DNA.

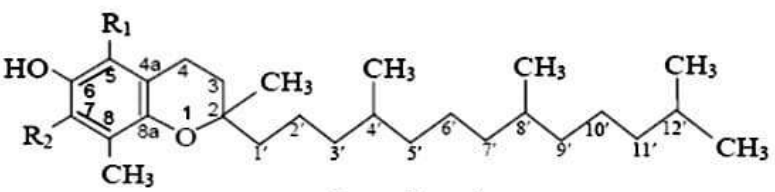
9- نقصانه يسبب العديد من الحالات غير الطبيعية منها: العشو الليلي Night blindness (يعني عدم قابلية المصاب من الرؤيا في الظلام والضوء الخافت)، واضطرابات في الجلد ونمو غير طبيعي ونقصان في عمليات التناسل بسبب ضعف في تكوين الحيوانات المنوية فضلاً عن فقدان الشهية وجفاف العين Xerophthalmia بسبب قلة إفراز الدمع. أما زيادته قد تؤدي إلى تحطيم الأنسجة المختلفة

وضعف عام في الشهية Anorexia ومن أعراض زيادته على الجهاز العصبي المركزي هي الصداع وغيرها من الأعراض. أما في الكبد فيحدث تضخم الكبد مع زيادة نسبة الدهون فيه Hyperlipidemia وفي العظام تحدث زيادة تثخين العظام وخاصة الطويلة مع زيادة نسبة الكالسيوم في الدم Hypercalcemia وفي الجلد يحصل جفاف له.

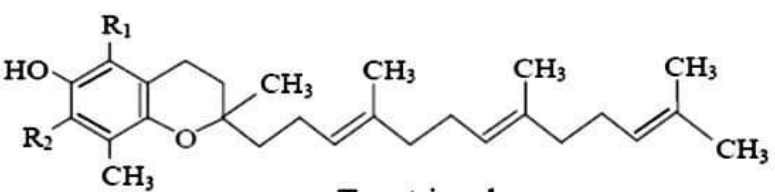
فيتامين E

الصفات العامة:

1- يمثل فيتامين E مجموعة من المركبات الكحولية المشتقة من مركب الفايتول Phytol والتي تتكون أساساً من حلقة الكرومان وتدعى هذه المركبات بالتوكوفيرولات Tocopherols توجد منها في الطبيعة نحو 8 أشكال (أو أبيميرات Epimers) وهي ألفا وبيتا وكاما ودلتا وايتا وزيتا وابسيلون وإيتا و 8- مثيل التوكوترينول 8-Methyl tocotrienol وتتكون الأشكال الأربعة الأولى على شكل توكول Tocol تختلف فيها سلسلة الكاربون الجانبية (R_4) عن الأشكال الأربع الثانية التي تكون على شكل توكوترايانول Tocotrienol **(الشكل 22-9 والجدول 2-9)**.



Tocopherol



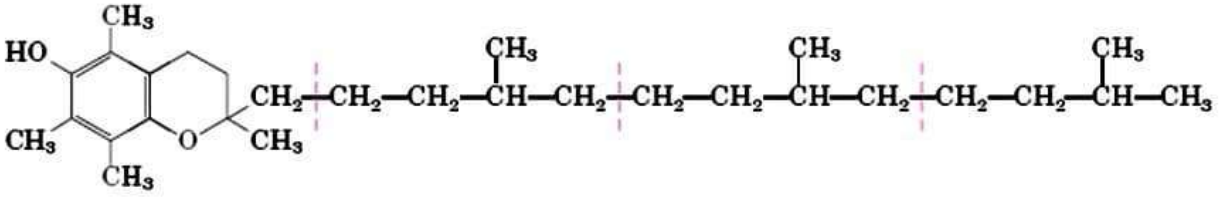
Tocotrienol

الشكل(22-9): التوكوفيرول Tocopherol وتوكوترايانول Tocotrienol.

الجدول(2-9): بعض مشتقات التوكوفيرول والتوكوترايانول.

Trivial Name	Chemical Name	R_1	R_2
α-Tocopherol/Tocotrienol	5,7,8-Trimethyltocopherol/tocotrienol	CH_3	CH_3
β-Tocopherol/Tocotrienol	5,8-Dimethyltocopherol/tocotrienol	CH_3	H
γ-Tocopherol/Tocotrienol	7,8-Dimethyltocopherol/tocotrienol	H	CH_3
δ-Tocopherol/Tocotrienol	8-Methyltocopherol/tocotrienol	H	H

غير أن أكثر هذه الاشكال وفرة واهمية هي ألفا- توكوفيرول (**الشكل 23-9**) اذ عملية تصنيع DL – α – توكوفيرول في المختبر لايؤدي نفس الفعالية البايولوجية لجزيئة D- α – توكوفيرول المتكونة في الجسم.



الشكل(23-9): ألفا- توكوفيرول.

1- يوجد فيتامين E بكثرة في الخضراوات والبيض والكبد والفستق والجوز والرز وبذور القطن.

2- يتم امتصاص الفيتامين عن طريق الأمعاء الدقيقة وينتقل عن طريق الدم إلى الكبد بوساطة الكيلومايكرون Chylomicron ومن ثم بعدها ينقل إلى الأنسجة المختلفة.

4- تكون التوكوفيرولات على شكل سائل أصفر زيتي لزج يذوب بالمذيبات العضوية ولا يتأثر بالحوامض أو القواعد أو الحرارة العالية لكنه سريع التأكسد وبهذا يعد مانعاً للأكسدة Antioxidants.

5- **يمتلك فيتامين E عدة وظائف مهمة منها:**

أ- فعالاً مانع للأكسدة Antioxidants إذ يعمل على حماية الأغشية البلازمية للخلية والغلاف الخارجي للبروتينات الدهنية (المذيلات في الدم Chylomicron, LDL, HDL, IDL, VLDL) من التحطم نتيجة بيروكسيدة الدهون في الدهون المفسفرة للغشاء البلازمي إذ أن عمل فيتامين E (وخاصةً الشكل ألفا- توكوفيرول من أشكال الفيتامين) منع استمرار بيروكسيدة الدهون Lipid peroxidation في سلسلة التفاعل للدهون المتعددة الأواصر المزدوجة وبالتالي إيقافها ومنع حصول تأكسدها وتحولها إلى مركبات غير طبيعية في الجسم.

ب- دخوله مانعاً للأكسدة (**لاحظ الشكل 20-9 السابق**) وبالتالي يمنع حدوث فقدان الهيموكلوبين من كريات الدم الحمر Hemolysis (الناتج عن طريق أكسدة وتحطم جدارها) (الشكل فضلاً عن كونه يمنع تمزق الأغشية للأطفال حديثي الولادة غير مكتملي النمو Premature infants مثل أغشية الأوعية الدموية والقصبات الهوائية والعين.

جـ- يقوي القابلية الجنسية والمحافظة على الحيوانات المنوية لدى الذكور.

د- له فوائد صحية أخرى من خلال خفض الإصابة بالأمراض المزمنة (كأمراض القلب المختلفة والسرطانات ومرض السكري) من خلال فعاليته كمضاد للأكسدة.

هـ- يوقف عملية تكوين مادة نايتروزامين Nitrosamine الخطرة والتي تدخل بوصفها أحد المواد المسرطنة في الجسم والقادمة عن طريق الغذاء بعد تفاعلات عدة.

6- نقصه يسبب:

أ- ضمور العضلات وخاصةً الهيكلية.

ب- فقر الدم ألتحللي Hemolytic anemia نتيجة تمزق كريات الدم الحمر بعملية بيروكسيدة الدهن.

جـ- العقم في بعض الحالات.

د- الاستسقاء Edema والتي تظهر في الأطفال غير مكتملي النمو Premature والاطفال المصابين بمرض الكواشيوركور Kwashiorkor.

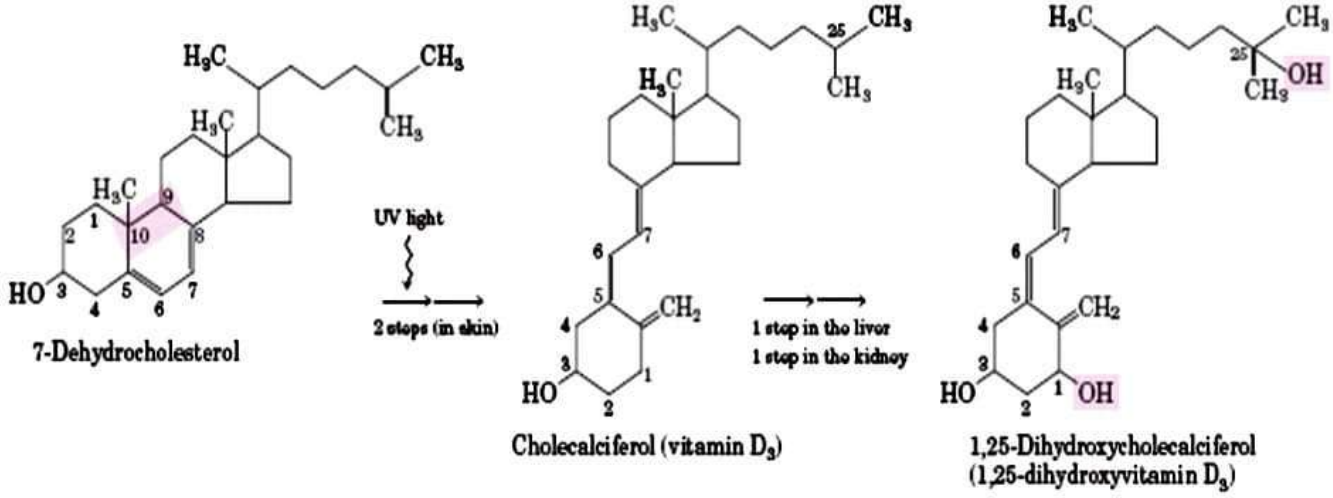
هـ- اضطرابات في الخلايا العصبية العضلية Neuromuscular.

فيتامين D

فيتامين D يدعى أحياناً بفيتامين الشمس Solar vitamin وذلك لان تكوينه يشمل تعرض مركبات السيترول للأشعة الفوق البنفسجية القادمة من الشمس.

الصفات العامة:

1- يمثل فيتامين D مجموعة من المركبات عبارة عن ستيرولات يبلغ عددها نحو 11 مركباً. أهمها فيتامين D_2 أو الكالسفيرول Calciferol والذي يتكون من الاركوستيرول Ergosterol (الذي يكون مصدره نباتي) ويتكون بتعرضه للأشعة فوق البنفسجية ، وفيتامين D_3 أو المسمى الكول كالسيفيرول Cholecalciferol والذي يتكون من تعرض الستيرول الحيواني المشتق من الكوليسيترول وهو 7- ديهيدروكوليسيترول 7- Dehydrocholesterol للأشعة فوق البنفسجية **(الشكل 24-9)**.



الشكل (24-9): تفاعلات تحول 7- ديهيدروكوليسيترول 7- Dehydrocholesterol الى 1،25- ثنائي هيدروكسي الكول كالسيفيرول 1,25- Dihydroxycholecalciferol.

2- فيتامين D يكثر في زيت الحوت والزبد والكبد وصفار البيض.

3- يمتص فيتامين D مع المواد الدهنية عن طريق الأمعاء الدقيقة ومن ثم ينتقل إلى الكبد اذ يخزن فيه لوقت الحاجة. وعند الحاجة للفيتامين يتحول في الكبد الى مركب 25- هيدروكسي كول كالسيفيرول 25-Dihydroxycholcalciferol ومن الكبد ينتقل إلى الكليتين فيتحول فيها إلى 1 , 25 - ثنائي هيدروكسي كول كالسيفرول الذي يتأثر تكوينه في الكليتين بوجود هورمون الغدة فوق الدرقية Parathyroid والذي يحفز تكوينه.

4- **فيتامين D له عدة وظائف:**

أ- أهم وظائفه يحافظ على توازن الكالسيوم في الجسم إذ يعد ضرورياً لامتصاص الكالسيوم والفسفور. فعند انخفاض الكالسيوم يفرز هورمون فوق الدرقية الذي يحفز الكليتين على أنتاج مركب 25,1 - ثنائي هيدروكسي كول كالسيفرول وهذا بدوره يعمل على زيادة امتصاص الكالسيوم من الامعاء الدقيقة عن طريق زيادة تكوين البروتين الحامل للكالسيوم.

ب- له دور في تحفيز إنزيم الفوسفاتيز القاعدي Alkaline phosphatase وبالتالي زيادة تحرر الفوسفات من مركباته داخل الجسم ومن ثم مشاركته مع الكالسيوم لتكوين العظام والوظائف الأخرى.

جـ- دوره في تحفيز الكلية على إعادة امتصاص الفوسفات مرة ثانية إلى الدم.

د- له دور في إعادة امتصاص الأحماض الأمينية من خلال الكليتين.

5- **نقصه يؤدي إلى:** الإصابة بمرض الكساح Rickets أو مرض لين العظام Ostemalacia (كساح الكبار) وعادة تصاب فيه النساء الحوامل اللاتي يكنّ بحاجة إلى كميات من الكالسيوم بصورة خاصة.

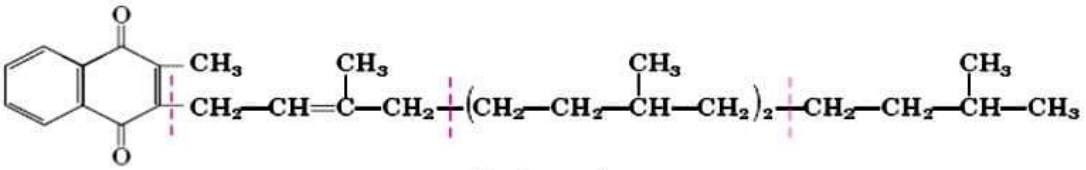
6-**زيادته تؤدي إلى:** زيادة الكالسيوم في الدم Hypercalcemia وبالتالي زيادة كثافة العظام وترسب الكالسيوم في خلايا الكليتين وقنواتها فضلاً عن حصول ترسيب الكالسيوم في المفاصل والشرايين وزيادة تقلص الأوعية الدموية وزيادة ضغط الدم Hypertension.

فيتامين K

جاءت تسمية فيتامين K نسبة إلى فيتامين التخثر Koagulatiou vitamin (بالالمانية) عند اكتشافه لأول مرة ونسبة لهذه الكلمة سمى Vitamin K.

الصفات العامة:

1- تعود مجموعة فيتامين K إلى الكوينونات Quinines والتي يوجد فيها على هيئة ثلاثة أشكال وهي فيتامين K_1 ويدعى بالفايلوكوينون Phylloquinone أو الفايتومينودايون Phytomenodione (وهو الشكل الموجود في النباتات) وفيتامين K_2 ويدعى أيضاً Menaquinone (الناتج من البكتريا في الأمعاء الغليظة) وفيتامين K_3 الميناديون Menadione الذي لديه فعالية ضعف فعالية فيتامين K_1 وK_2 (**الشكل 25-9**).



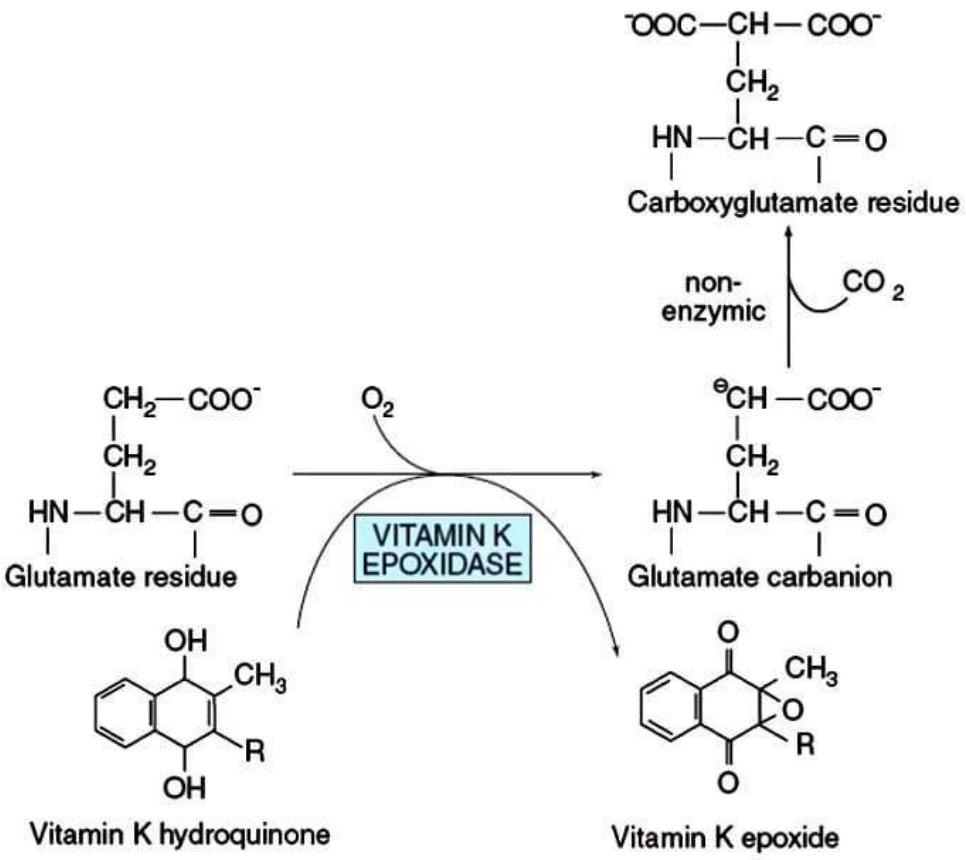
الشكل (25-9): فيتامين K.

2- يوجد فيتامين K بكثرة في الخضروات ذات الأوراق الخضر الداكنة كالسبانخ والسلق والخس ويوجد أيضاً في الطماطة والكبد وكميات قليلة في الحليب والبيض.

3- يمتص فيتامين K مع المواد الدهنية كمثل باقي الفيتامينات الذائبة في الدهون وينتقل بالكيلومايكرون إلى الكبد إذ يخزن هناك والكميات المخزونة في الكبد لا تكون كبيرة وتكفي لفترة قصيرة.

4- فيتامين K له عدة وظائف:

أ- له وظيفة رئيسية في عملية تخثر الدم من خلال المحافظة على مستويات طبيعية لعدد من عوامل التخثر وهي(II, VII , IX , X) وعوامل التخثر هي عبارة عن بروتينات تبنى في الكبد وتكون خاملة Inactive وفيتامين K يشترك في تحويلها إلى الأشكال الفعالة بإدخال مجموعة CO_2 Carboxylation إلى المجموعة الجانبية في حامض الكلوتاميك المتصلة بهذه البروتينات وتحويلها الى كاما- كاربوكسي حامض الكلوتاميك الذي يتحد فيما بعد مع الكالسيوم ليشارك في عملية التخثر **(الشكل 26-9).**



الشكل(26-9): تحويل حامض الكلوتاميك الى كاما- كاربوكسي حامض الكلوتاميك بمشاركة فيتامين K.

ب- لفيتامين K دور في عملية الفسفرة التأكسدية في المايتوكوندريا.

جـ- له دور في المحافظة على العظام من خلال مشاركته في تكوين بروتين العظام.

5- **نقصه يؤدي إلى:**

أ- بطؤ تخثر الدم وحدوث النزيف (مرض الرعاف) Hemorrhage disease.

ب- زيادة حالة هشاشة العظام.

6- **زيادته** وخصوصاً حديثي الولادة يؤدي إلى فقر الدم ألتحللي Hemolytic anemia.

مشابهات الفيتامينات Vitamin likes

هناك بعض المركبات لكونها ذات أهمية في النمو والعمليات الايضية المختلفة والتي تصنع داخل الجسم لذلك سميت بمشابهات الفيتامينات إذ لها دور كمرافقات إنزيمية ولاتعد فيتامينات ومن هذه المركبات الكولين Choline وحامض الليبويك Lipoic acid والإينوسيتول Inositol ومرافق الإنزيم Q (Coenzyme Q) والكارنيتين Carnitine والبايوفلافينويدات Bioflavonoids.