الفيتامينات Vitamins

الفيتامينات مركبات عضوية يحتاجها الكائن الحي بكميات قليلة في غذائه لأداء فعالياته الأيضية، وكلمة فيتامين مشتقة من كلمة Vita التي تعني بالإغريقية الحياة و amine تعني مجموعة أمين إذ أول فيتامين أمكن تشخيصه هو B_1 الذي يحتوي على مجموعة الأمين. **تصنف الفيتامينات إلى صنفين وهما:**

1- الفيتامينات الذائبة في الماء: مثل فيتامين C (حامض الأسكوربيك Ascorbic acid) وفيتامينات مجموعة B المعقدة (B-complex) التي تتضمن: الثيامين Thiamine (ويسمى أيضاً فيتامين B_1) ورايبوفلافين(فيتامين B_2) Riboflavine وحامض النيكوتينك (Nicotinic acid (B_3 وحامض البانتوثنك Pantothenic acid والبيريدوكسال Pyridoxal (فيتامين B_6) وبايوتين Biotin وحامض الفوليك Folic acid وسيانوكوبال أمين Cyanocobalamine (فيتامين B_{12}).

2- الفيتامينات الذائبة في الدهون: وهي فيتامينات A، E، D، K .

الخواص العامة للفيتامينات:

1- الفيتامينات مواد عضوية لا تحتوي على النيتروجين في تركيبها لصنف الفيتامينات الذائبة في الدهن خلافاً للصنف الذائب في الماء الذي يحتوي في تركيبها على نيتروجين عدا فيتامين C (حامض الأسكوربيك).

2- تعد مواد غير متجانسة إذ لا تتشابه في تركيبها الكيمياتي وتأثيرها الفسيولوجي (لكل منها وظائف معينة).

3- الفيتامينات يتم الحصول عليها من مصادرها الخارجية وبكميات قليلة جداً لأغراض النمو و البناء وتنظيم العمليات الحيوية والبايولوجية. ومصادرها الخارجية تكون من النبات والحيوان وقسم منها تستطيع الكائنات الحية الدقيقة من صنعها داخل أمعاء الإنسان مثل فيتامين K وفيتامين B_{12}.

4- الفيتامينات لا تتحلل بالعمليات الهضمية بل تمتص من قبل الخلايا المعوية كما هي.

5- معظم الفيتامينات وخصوصاً الفيتامينات الذائبة بالماء تدخل بوصفها مرافقات للإنزيمات Coenzymes، إذ تحتاجها الإنزيمات لأداء دورها في التفاعلات المختلفة فهي تستهلك في التفاعلات ولهذا وجب تزويد الجسم بها باستمرار. وعند غيابها فأن هناك تفاعلات إنزيمية معينة قد تبطأ أو تضمحل فيتولد عن ذلك أعراض مرضية.

6- يستطيع الجسم أن يتخلص من الفيتامينات الذائبة في الماء بإفرازها عن طريق البول إذ لا يستطيع خزنها (عدا فيتامين B_{12}) ولذلك تعد مواد غير سامة وليس لها تأثير سام عندما يتناولها الجسم بكميات كبيرة Overdoses، أما الفيتامينات الذائبة في الدهون فإن الجسم يستطيع خزنها في الكبد على سبيل المثال فيتامين (A، E، D) فإنها تظهر بعض السمية عند تراكمها بكميات كبيرة اذ ينتج ما يسمى فرط الفيتامين Hypervitaminosis يمكن أن تسبب العديد من الأمراض المختلفة وحسب نوعية الفيتامين.

7- الفيتامينات سريعة التلف عند التسخين والطبخ والخزن وتتلف نتيجة للتفاعلات الكيميائية التي تحدث في الأغذية.

8- إن مرافقات الإنزيمات إما أن تكون معادن أيونية (كالحديد والكاليسيوم والسلينيوم ....الخ) أو مركبات عضوية غير بروتينية ترافق الإنزيمات لتساعد عملية نقل مجموعات وظيفية معينة ضمن العمليات الحياتية المختلفة وقد تعد مجموعة ترقيعية للإنزيم Prosthetic group في حالة عدم قابلية فصلها بتقنية الديلزة Dialysis (والتي سوف يتم ذكر هذه التقنية لاحقاً في الفصل الثالث عشر) لارتباطها تساهمياً بالإنزيم.

10- أن الاحتياجات اليومية للفيتامينات تختلف من كائن حي إلى آخر وتتأثر أيضاً بالعمر والجنس والتغيرات الفسيولوجية المختلفة على سبيل المثال الحمل والرضاعة والتمارين الرياضية والتغذية.

11- الفيتامينات لا تعطي طاقة لكونها لا تحوي سعرات حرارية ولكنها تساعد في تحويل الطعام (أثناء العمليات الايضية للكاربوهيدرات والدهون والبروتينات) الى طاقة.

الفيتامينات الذائبة في الماء

الثيامين Thiamin (فيتامين B_1)

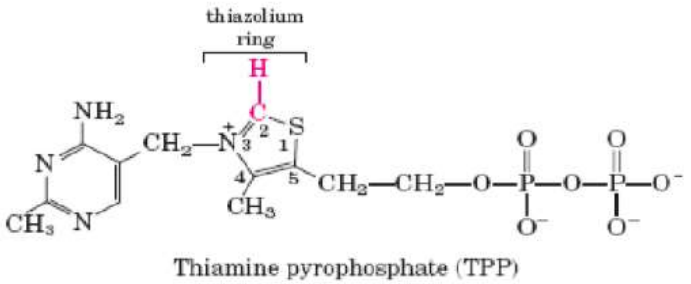
الصفات العامة:

1- يتكون الثيامين من حلقة البريميدين ونواة الثايوزول Thiazole التي ترتبط مع بعضها ببعض بمجموعة مثيل **(الشكل 1-9)**.

2- الثيامين لا يتأثر بالحرارة وثابت في المحاليل الحامضية ومتغير في المحاليل القاعدية وهو يمتلك تركيباً أبيض اللون سهل الذوبان في الماء.

3- يكثر فيتامين B_1 في اللحوم بصورة عامة والكبد والبيض فضلاً عن وجوده في الخبز ولاسيما الحاوية على القشور (أو النخالة).

4- الثيامين يتحول في الجسم إلى الشكل الفعال وهو ثيامين بايروفوسفات Thiamine pyrophosphate (TPP) ويرافق إنزيمات الديكاربوكسيليز Decarboxylase وينتج من تفاعل ATP مع الثيامين وإنزيم بايروفوسفوكاينيز Pyrophospho kinase **(الشكل1-9)**.



Thiamine pyrophosphate (TPP)

الشكل(1-9): ثايمين بايروفوسفات Thiamine pyrophosphate (TPP).

5- يشترك TPP في العمليات الايضية للكاربوهيدرات والبروتينات والدهون من خلال ارتباطه مع عمليات الأكسدة وإزالة الكاربوكسيل Oxidative decarboxylation **كما في التفاعلات الاتية:**

أ- تحول حامض البايروفيك الى أسيتايل مرافق الإنزايم A من قبل إنزيم بايروفيت ديهايدروجينيز المعقد Pyruvate dehydrogenase complex **كما في المعادلة أدناه:**

ب- تحول ألفا – كيتوكلوتاريت إلى سكسنايل مرافق الإنزيم A بوساطة إنزيم ألفا – كيتوكلوتاريت ديهيدروجينيز المعقد α-ketoglutarate dehydrogenase complex **كما في المعادلة أدناه:**

جـ- يدخل في تفاعل إزالة المجموعة الكاربوكسيلية من الأحماض الكيتونية α–Keto acid وتتضمن تحويل البايروفيت إلى أسيتالديهايد في الخميرة بفعل إنزيم بايروفيت ديكاربوكسيليز Pyruvate decarboxylase **كما في المعادلة الآتية:**

د- له دور كمرافق لإنزيم الترانس كيتوليز Transketolase وترانس آلدوليز Transaldolase ، فالإنزيم الأول يعمل على نقل ذرتي كاربون على شكل كلايكوآلديهايد أما الإنزيم الثاني فيعمل على نقل ثلاث ذرات كاربون على شكل ثنائي هيدروكسي أسيتون

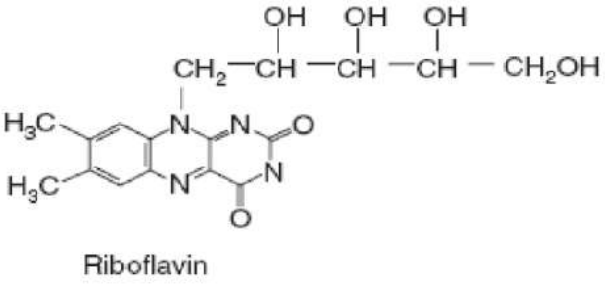
6- نقصه يؤدي إلى تشويش فكري (قلة التركيز) وفقدان الشهية وضعف وشلل عضلي Paralysis وعجز القلب (مرض بري بري Beri beri). فضلاً عن ذلك فإن نقصه يؤدي إلى عدم تحول البايروفيت إلى أسيتايل مرافق الإنزيم A وبالتالي فأن تناول الكاربوهيدرات بكميات عالية يؤدي إلى زيادة البايروفيت واللاكتيت في الجسم وحدوث زيادة الحموضة Lactic acidosis عن طريق اللاكتيت الفائض.

7- تزداد إحتياج الجسم من الثايمين كلما زادت كمية المواد السكرية التي يتناولها الإنسان عن نسبة المواد الدهنية والبروتينية المتناولة نتيجة لعلاقة الثايمين بأيض المواد السكرية وتعتمد حاجة الجسم من الثايمين على حجم الجسم وفعاليته ودرجة حرارة الجو والحالة الفسيولوجية.

الرايبو فلافين Riboflavin (فيتامين B_2)

الصفات العامة:

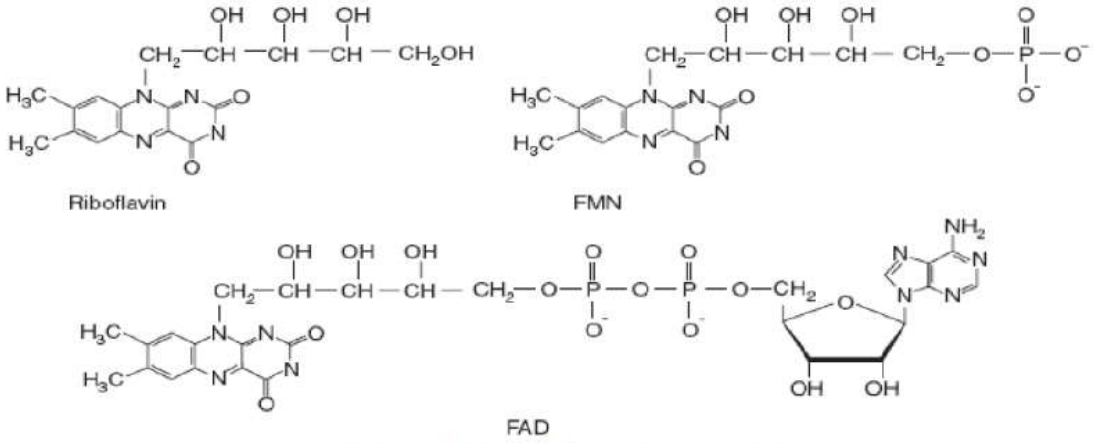
1- يتكون فيتامين B_2 من تركيب حلقي يسمى الايزوألوكسازين Isoalloxazine مرتبط بنيتروجين الحلقة الوسطى وبشكل سلسلة جانبية كحول الرايبتول Ribitol المشتق من السكر الخماسي الرايبوز **(الشكل 2-9)**.



الشكل(2-9): الرايبوفلافين Riboflavin.

2- له لون مائل إلى البرتقالي وعند اختزاله يتحول إلى اللون الأبيض ودرجة انصهار 250°م وقليل الذوبان في الماء وهو ثابت في درجات الحرارة الاعتيادية وفي المحاليل الحامضية القوية وغير ثابت عند تعرضه للمحاليل القاعدية أو الضوء (الأشعة فوق البنفسجية) وله أعلى قيمة امتصاص ضوء عند طول موجي 450-460 نانوميتر.

3- يتحول فيتامين B_2 في الجسم إلى الشكلين الفعاليين فلافين آحادي النيوكليوتيد FMN وفلافين ادنين ثنائي النيوكليوتيد FAD **(الشكل 3-9)** والتي تدخل مرافقات إنزيمية في العديد من التفاعلات في العمليات الأيضية للكاربوهيدرات والدهون والبروتينات ويصاحب هذه العمليات انتقال الإلكترونات (الفسفرة التأكسدية) وتكوين طاقة على شكل ATP. وإن استخدام FAD أكثر شيوعاً من FMN.



الشكل(3-9): الرايبوفلافين وFMN وFAD.

4- هناك العديد من الإنزيمات التي تستخدم فيها المرافقات الإنزيمية الرايبوفلافينية والتي تشمل إنزيمات الاوكسديز Oxidases وإنزيمات الديهيدروجينيز Dehydrogenases **ومن هذه الإنزيمات:**

أ- إنزيمات الديهيدروجينيز: ومنها بايروفيت ، ألفا كيتوكلوتاريت، سكسنيت، أسيل مرافق الإنزيم A (Acyl CoA) وكمثال على ذلك تفاعل تحول السكسنيت الى الفيوماريت بفعل إنزيم سكسنيت ديهيدروجنيز Succinate dehydrogenase **كما في المعادلة أدناه:**

5- نقص فيتامين B_2 يؤدي إلى ظهور أعراض منها التهاب وتشقق الشفاه، التهاب الجلد والغدد الدهنية وعادة يصاب الوجه واللسان فيأخذ اللسان لون الأحمر مائلاً إلى الأرجواني وكذلك تحدث اضطرابات للعين والقرنية.

6- يكثر فيتامين B_2 في الحليب ومن ثم الكبد والكليتين واللحوم والبيض وفي الحبوب والبقوليات.

النياسين Niacin (فيتامين B_3)

الصفات العامة:

1- يوجد النياسين على شكل مركبين مشتقين من حلقة البيريدين Pyridine وهما حامض النيكوتينك Nicotinic acid و النيكوتين اميد Nicotinamide **(الشكل 5-9)** وهما يعدان الأشكال الفعالة للفيتامين ويوجد المركب الأول في المصادر النباتية والمركب الثاني في المصادر الحيوانية.

الشكل(5-9): النيكوتين أميد وحامض النيكوتينك

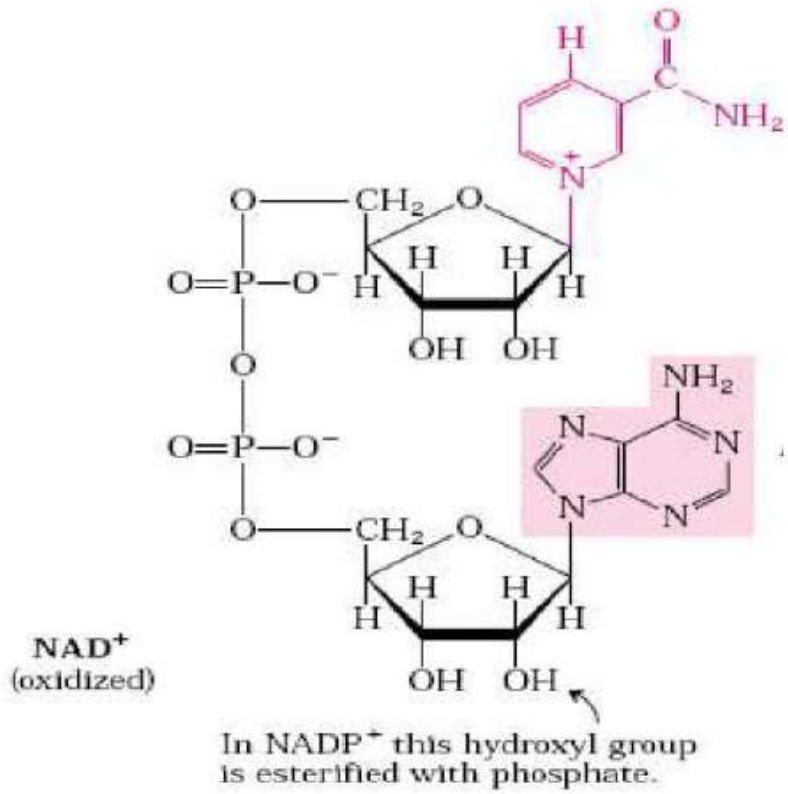
2- النياسين عبارة عن بلورات بيضاء اللون تذوب في الماء والكحول وثابت بالحرارة والأكسدة والعمليات التصنيعية وفي الوسط القاعدي والحامضي.

3- يكثر في اللحوم الحمراء ولحم الدجاج والأسماك ويوجد أيضاً في الحبوب الكاملة والبقوليات مثل الفاصوليا والبزاليا وكميات قليلة في الحليب والبيض.

4- إن أهمية النياسين تكمن في كون احد مكوناته وهي النيكوتين اميد يشتق منه مرافقات إنزيمية **(الشكل 6-9)** وهي:

أ- نيكوتين أميد أدنين ثنائي النيوكليوتيد (NAD^+).

ب- نيكوتين أميد ادنين ثنائي النيوكليوتيد فوسفات($NADP^+$).



الشكل(6-9): نيكوتين أميد أدنين ثنائي النيوكليوتيد (NAD^+) ونيكوتين أميد ادنين ثنائي النيوكليوتيد فوسفات($NADP^+$) الذي يتكون عند دخول مجموعة الفوسفات في موقع رقم' 2 للسكر الرايبوزي.

6- تشترك كل من NAD^+ و $NADP^+$ في العديد من التفاعلات الأيضية في عمليات أيض الكاربوهيدرات والدهون وتحرير الطاقة. إذ تدخل مرافقات إنزيمية مع إنزيمات الأكسدة والاختزال Oxidoreductase وهناك أكثر من 250 إنزيماً يشترك معها **ومن هذه التفاعلات التي تدخل فيها:**

أ- تفاعلات نقل الإلكترونات خلال عملية الأكسدة الحياتية لتحرير الطاقة.

ب- تفاعلات إنزيمات الديهيدروجينيز Dehydrogenases في مسار الكلايكوليسيز Glycolysis pathway ودورة كربس Krebs cycle ومسار الفوسفو كلوكونيت Phosphogluconate pathway وتفاعلات أيض الأحماض الأمينية وبناء الستيرويدات والدهون.

جـ- لها دور فعال بمشاركتها كمرافقات لإنزيمات مضادات الأكسدة مثل كلوتاثايون بيروكسديز Glutathione peroxidase وكلوتاثايون ردكتيز Glutathione reductase (GRd) اللذين يعملان على تقليل الأكسدة الحاصلة في الجسم

7- نقص النياسين والتربتوفان يؤدي الى ظهور مرض البلاكرا Pellagra والتي من أعراضه اضطرابات الجهاز العصبي وتشمل القلق والكآبة و الخمول وفقدان الذاكرة وغيرها فضلاً عن أعراض في الجهاز الهضمي والفم واللسان وإسهال وتقيؤ.

8- زيادة النياسين (خاصة عند تناول كميات كبيرة لعلاج ضد زيادة الدهون في الدم) يمكن أن تؤدي إلى اتساع في الأوعية الدموية واحمرارها وأخذ كميات من حامض النيكوتينك أو النيكوتين أميد أكثر من 500 ملغم/ 100 مل يمكن تؤدي إلى تحطم الكبد.

فيتامين B_6

الصفات العامة:

1- يشمل فيتامين B_6 ثلاثة مركبات مختلفة بتركيبها الكيميائي ومتشابهة بفعاليتها كفيتامين وهي مشتقة من حلقة البيريدين وهي البيريدوكسول Pyridoxol (حاوي على مجموعة الكحول في تركيبه) (ويعرف أيضاً بالبيريدوكسين Pyridoxine) والبيريدوكسال Pyridoxal (حاوي على مجموعة ألديهايد في تركيبه) والبيريدوكسامين Pyridoxamine (الحاوي على مجموعة الأمين الأولى في تركيبه) (**الشكل**

إن ~ 80% من مجموع فيتامين B_6 في الجسم موجود على شكل فوسفات البيريدوكسال Pyridoxal phosphate (PLP) في العضلات اذ يرتبط بشكل رئيس مع إنزيم كلايكوجين فوسفوريليز Glycogen phosphorylase.

2- إن الشكلين الفعالين الموجودين في الجسم هما بيريدوكسال 5- فوسفات والبيريدوكسامين 5- فوسفات

3- يكون فيتامين B_6 على شكل بلورات عديمة اللون تنصهر عند 205 °م وتذوب في الماء بسهولة وهو ثابت في الحرارة الاعتيادية وفي المحاليل الحامضية والقاعدية ولكنه يتأكسد بالعوامل المؤكسدة مثل الأحماض المعدنية وبيروكسيد الهيدروجين.

4- للفيتامين B_6 **دور مهم في:**

أ- تكوين الهيم وهي المواد النيتروجينية المكونة للهيموكلوبين ثم تكوين كريات الدم الحمر.

ب- بناء الانسجة البروتينية والعضلات والعظام.

جـ- يشارك مع حامض الفوليك وفيتامين B_{12} في تقليل الإصابة بالأمراض القلبية.

د- يحفز الجهاز المناعي ويقلل الإصابة بهشاشة العظام.

5- نقصه يؤدي الى اضطرابات في العمليات الأيضية للأحماض الأمينية ونتيجة لذلك ظهور التهابات جلدية وبقع حول العين والأنف والفم واضطرابات في الجهاز العصبي المركزي وضعف عام وفقر دم.

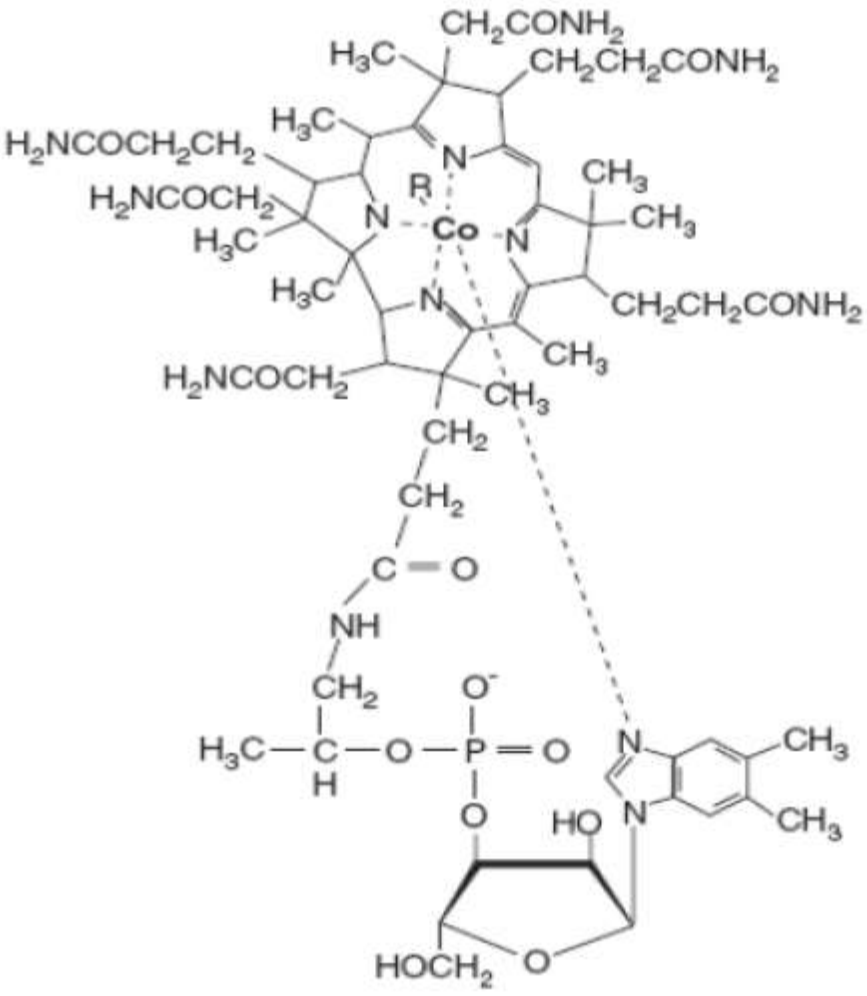
6- زيادة تناول كميات عالية من فيتامين B_6 (أكثر من 200 ملغم/ 100 مل) يمكن أن تؤدي الى اختلال في وظائف الجهاز العصبي.

7- يكثر الفيتامين في اللحوم والكبد وفي الحبوب والبقوليات ولاسيما القشرة الخارجية وفضلا عن ذلك في الخضراوات كالجزر والسلق ويوجد أيضاً في البيض والحليب.

فيتامين B_{12} (سيانوكوبالامين Cyanocobalamine)

الصفات العامة:

1- إن فيتامين B_{12} معقد إذ يتكون من عدد من المركبات منها مركب حلقي يدعى الكورين Corrin وهو شبيه بالبورفرين في وسطه عنصر الكوبلت الذي يختلف عن غيره من الفيتامينات الاخرى بهذه الصفة، وعندما ترتبط مجموعة السيانيد (CN) بعنصر الكوبلت في الفيتامين فالناتج يكون سيانوكوبال أمين Cyanocobalamine (**الشكل 11-9**) وعندما تحل مجموعة الهيدروكسيل محل السيانيد يدعى بالهيدروكسي كوبال أمين وعندما تحل النترات محل السيانيد يدعى نترات كوبال امين.



الشكل(11-9): فيتامين B_{12}.

2- يكون الفيتامين على شكل بلورات حمراء اللون قابلة للذوبان في الماء والكحول ويكون حساساً للضوء وغير ثابت في المحاليل القاعدية والحامضية.
3- من أهم مصادر الفيتامين هو الكبد والكليتان ويوجد أيضاً في البيض والحليب ومنتجاته كالجبن. ولا يتواجد في النباتات إذ لا يمكن تصنيعه فيها.

ومن أعراض نقص

الفيتامين ظهور مرض فقر الدم الخبيث Pernicious anemia يصاحب هذا المرض اعراض اخرى منها اضطرابات عصبية وانحلال في النخاع ألشوكي وضعف العضلات واضطرابات الجهاز الهضمي.

حامض الفوليك Folic acid (الفولاسين Folacin)

الصفات العامة:

2- حامض الفوليك بلورات صفراء اللون قليلة الذوبان في الماء وثابت في المحاليل القاعدية وغير ثابت في المحاليل الحامضية أو عند تعرضه للضوء.
3- يكثر في الكبد والكليتين والخميرة وكذلك في الخضراوات ذات الأوراق الخضراء الداكنة كالسبانخ واللهانة ويوجد في البقوليات كالفاصوليا والعدس.

5- تستطيع بكتريا 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.
6- للفيتامين أهمية في النساء الحوامل نظراً لحاجتهم الإضافية لكميات من الفيتامين وذلك لمتطلبات نمو الجنين وكذلك للتغيرات الهورمونية التي تحدث أثناء الحمل إذ يحمي ضد العيوب الخلقية والعصبية للجنين وكذلك له دور في الحماية ضد الأمراض القلبية مع فيتامينات(B_6 و B_{12}) وبعض الأمراض السرطانية.
7- نقصه يؤدي إلى حدوث فقر الدم التضخمي Megaloblastic anemia الذي يتميز بكريات الدم الحمر الكبيرة الحجم مع زيادة عدد كريات الحمر غير الناضجة Megaloblastosis المتكونة في نخاع العظم. كما يسبب نقصه التهابات اللسان والإسهال واضطرابات في الجهاز الهضمي والعصبي فضلاً عن عدم مقدرة الجسم على تكوين DNA و RNA.

حامض البانتوثينك Pantothenic acid

الصفات العامة:

1- يتكون حامض البانتوثينك من اتحاد بيتا - ألانين ومركب هيدروكسي مثيل حامض البيوتاريك Hydroxy methyl butyric acid (**الشكل 17-9**).

2- حامض البنتوثينك مادة زيتية صفراء شاحبة لا تتبلور وتذوب في الماء والكحول وغير ثابتة في الوسط الحامضي أو القاعدي وتتأثر بالحرارة.

5- يمكن تكوينه داخل الجسم عن طريق بكتريا القولون *E. coli* .

6- يعد الفيتامين ضرورياً للنمو ونقصه يؤدي إلى اضمحلال القشرة الادرينالية والتهاب المعدة والأمعاء وتساقط الشعر (داء الثعلبة) وتحول الشعر إلى اللون الأبيض فضلاً عن أعراض قد تظهر عند نقصه مثل الصداع والإعياء والغثيان والأرق والألم في البطن والأحاسيس الشاذة (غير الطبيعية) في السيقان والأقدام.

البايوتين Biotin (فيتامين H)

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

2- البايوتين بلورات أبرية الشكل عديمة اللون تذوب قليلاً في الماء ولكن تذوب في الكحول والاسيتون وهو ثابت في المحاليل القاعدية والحامضية وثابت نسبياً بالمعاملات الحرارية والتصنيعية.

3- يكثر الفيتامين في الذرة وفول الصويا والكبد وصفار البيض والخميرة وفي الخضراوات كالطماطة.

4- القسم الأكبر من البايوتين يصنع في بكتريا الأمعاء ويتركز تواجده في الكبد والكليتين.

5- إن مادة الافدين Avidin تعد من المواد المضادة للبايوتين والتي لها المقدرة على الارتباط بالبايوتين وتؤدي إلى قلة امتصاصه والتقليل من التوفر الحيوي له. إذ تتواجد الافدين في بياض البيض. فضلاً عن ذلك فأن العقاقير نوع سلفا Sulpha drugs تؤدي نفس المفعول في إعاقة امتصاص البايوتين.

7- عند استهلاك مواد تعيق عملية امتصاص البايوتين 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.