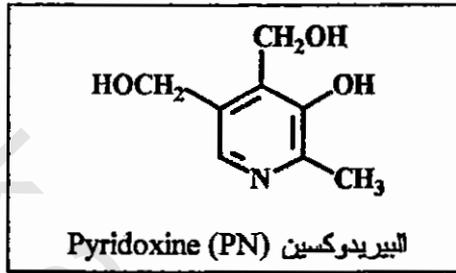


الفصل الثالث عشر

البيريدوكسين (فيتامين ب_٦ Vit.B₆)

١- التركيب الكيميائي

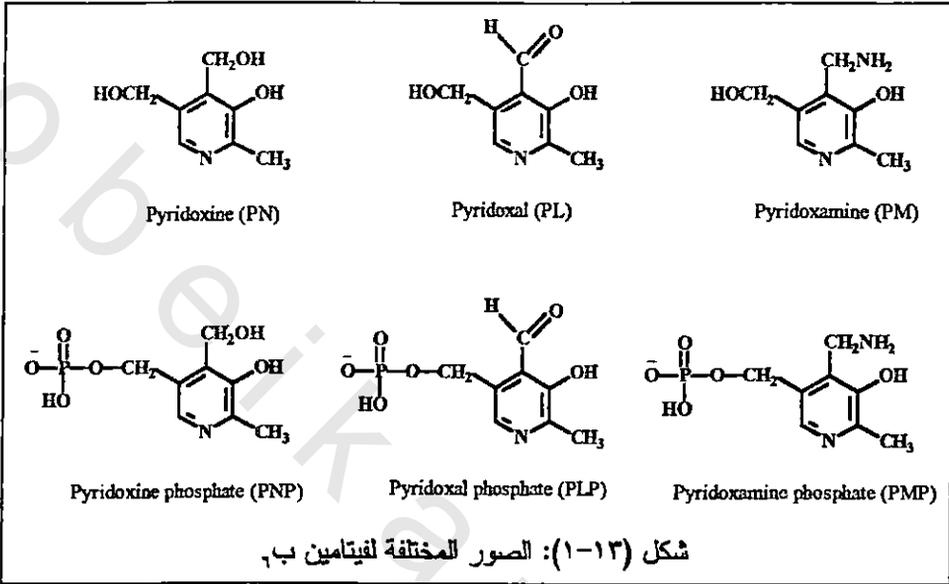


توجد ست مركبات عضوية لها النشاط الحيوى لفيتامين ب_٦ شائعة الانتشار فى المواد الغذائية وهى:- البيريدوكسين Pyridoxine (PN) والبيريدوكسال Pyridoxal (PL) والبيريدوكسامين Pyridoxamine (PM) ومشتقات الفوسفات لتلك المركبات: فوسفات البيريدوكسين Pyridoxine phosphate (PNP) وفوسفات البيريدوكسال Pyridoxal phosphate (PLP) وفوسفات البيريدوكسامين Pyridoxamine phosphate (PMP) (شكل ١٣-١).

٢- الخواص والتفاعلات

المظهر: البيريدوكسين مسحوق أبيض، له درجة الإلتصهار MP ١٦٠°م. الذوبان: يذوب فى الماء (٠,٢ جرام/مىلى لتر) والكحول والأسيتون. الفيتامين فى صورة بيريدوكسين أو بيريدوكسال يتأثر جداً بالحرارة والعوامل الأخرى، أما صورة بيريدوكسامين هيدروكلوريد فهى أكثر مقاومة للحرارة والعوامل الأخرى؛ ولذا فإن تحضيراته تكون فى هذه الصورة. فيتامين ب_٦ حساس للأكسدة والاختزال والضوء

(في الوسط الحمضي)، ولكنه ثابت في الوسط القلوي.



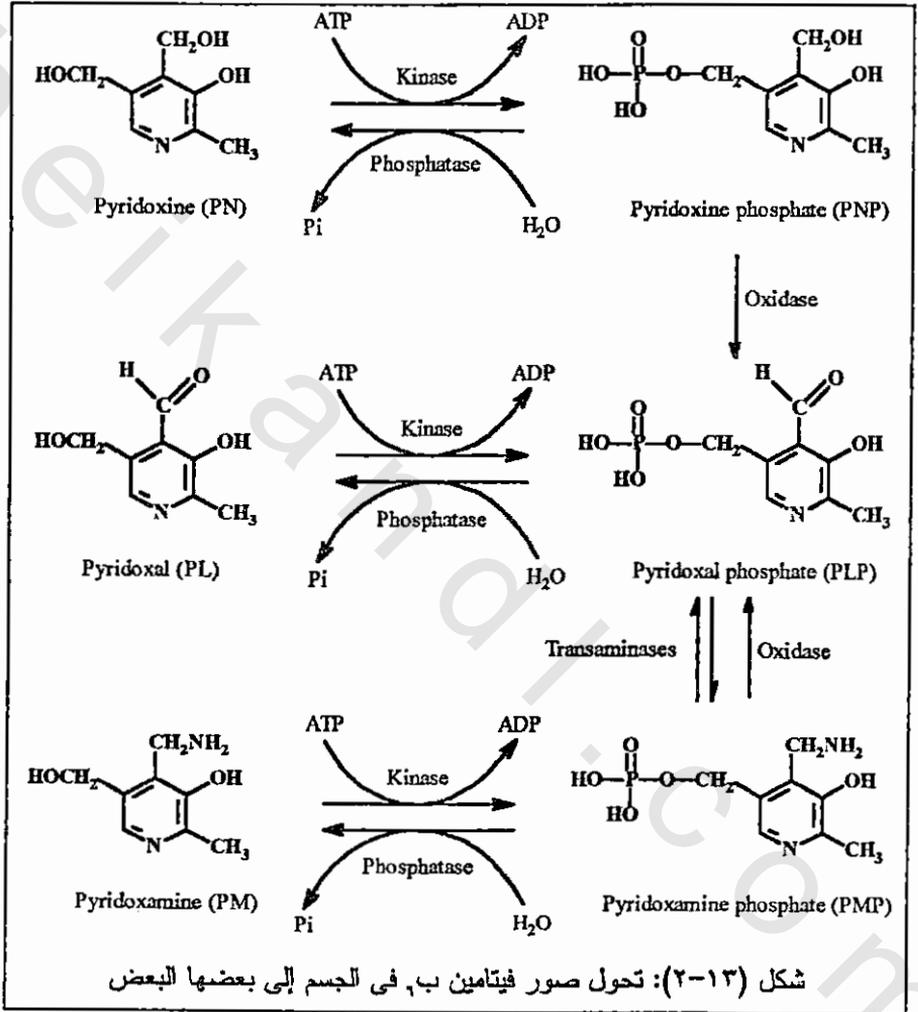
٣- صور الفيتامين النشطة

يوجد البيريدوكسين في جميع الأنسجة النباتية والحيوانية في صورة المعاون الإنزيمي:- فوسفات البيريدوكسال (Pyridoxal phosphate (PLP) (بيريدوكسال-٥-فوسفات (Pyridoxal-5-phosphate).

٤- تحول البيريدوكسين إلى صورة المعاون الإنزيمي النشط

تتحول المركبات العضوية التي لها النشاط الحيوي لفيتامين ب٦ في الجسم إلى بعضها البعض وإلى الصورة النشطة تمثيلاً (فوسفات البيريدوكسال) من خلال مجموعة من التفاعلات كما يوضحها شكل (١٣-٢). تتم فسفرة البيريدوكسال في تفاعل يحفزها إنزيم بييريدوكسال كينيز Pyridoxal kinase والذي يتطلب مركب الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP كمعطى لمجموعة فوسفات Phosphoryl group. ويقوم نفس الإنزيم بحفز فسفرة الصور الثلاث لفيتامين ب٦ (البيريدوكسال

والبيريدوكسين والبيريدوكسامين). وينشط هذا الإنزيم بدرجة كبيرة جداً بواسطة أيون الزنك Zn^{++} . هذا، ويقوم إنزيم الفوسفاتيز بحفز التحليل المائي لرابطة إستر الفوسفات (تحول المشتقات الفوسفاتية للفيتامين إلى الصور الحرة).



٥- الوظائف التمثيلية

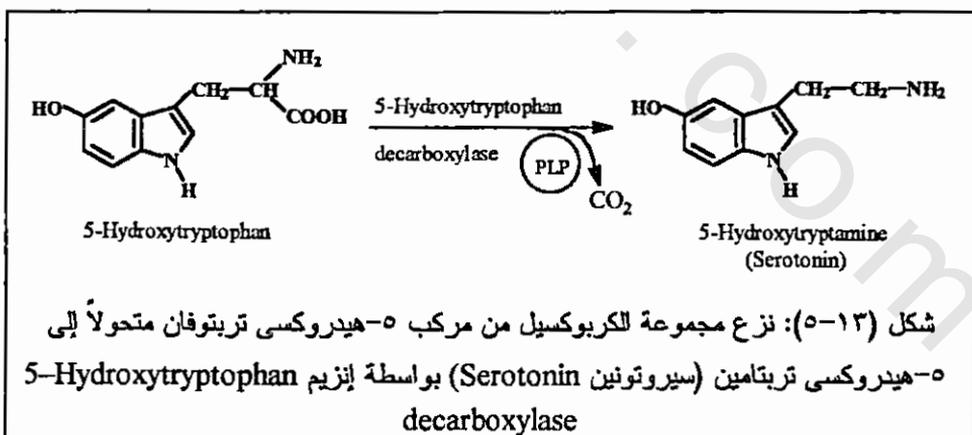
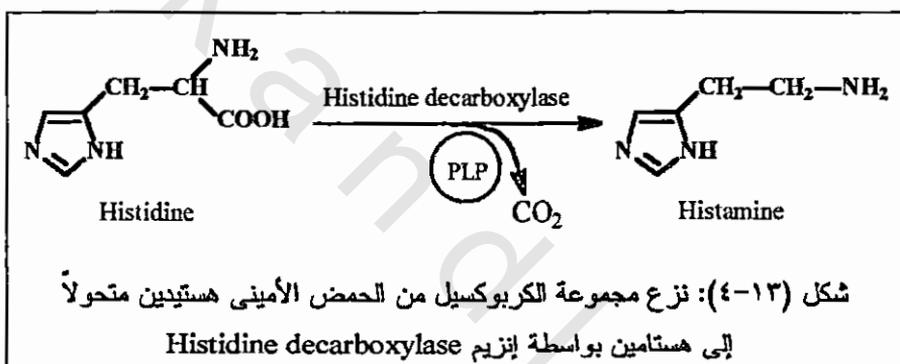
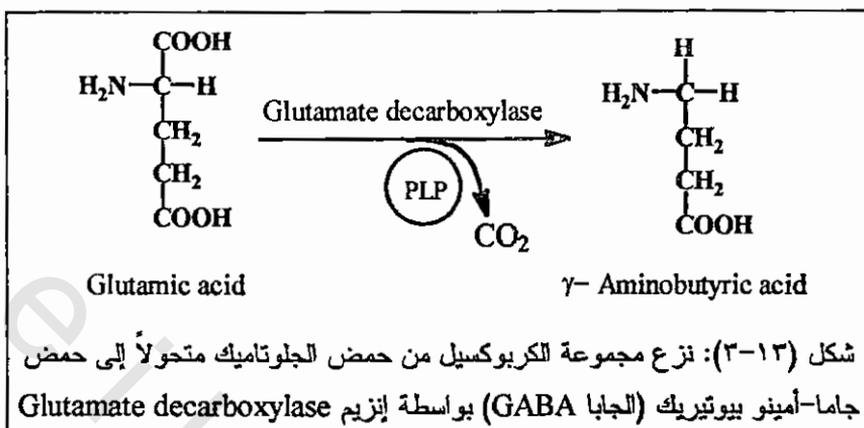
تمثل فوسفات البيريدوكسال المجموعة الفعالة Prosthetic group لمجال عريض

من الإنزيمات التي تحفز العديد من التفاعلات المختلفة والتي تتضمن:-

١) التحولات غير التأكسدية للأحماض الأمينية Non-oxidative transformations of amino acids

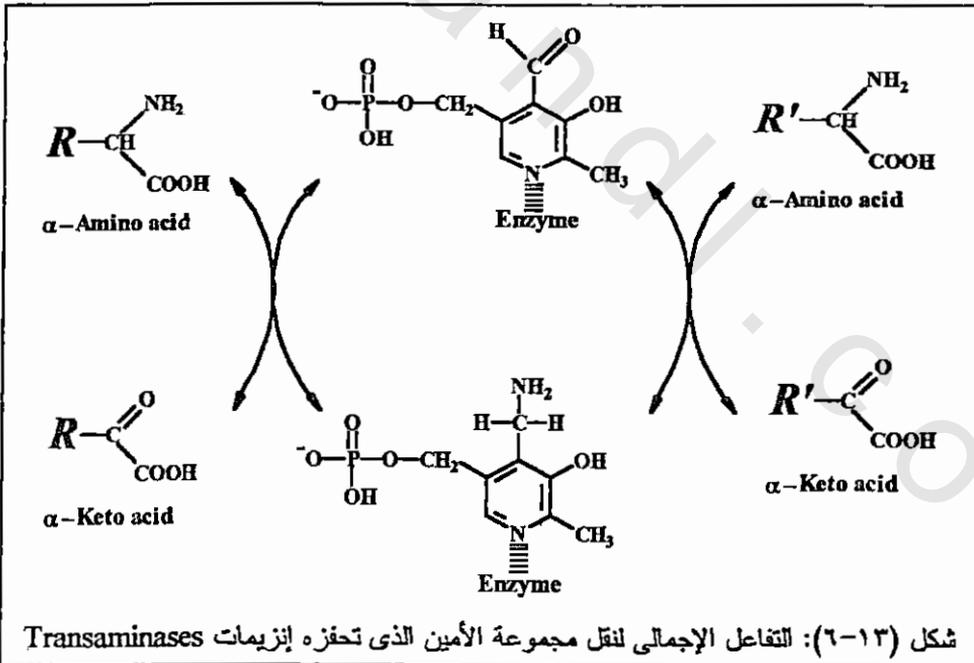
الإنزيمات التي تحتوى على فوسفات البيريدوكسال لها خاصية مميزة جداً وهي تعدد الاستخدامات الحفزية Catalytic versatility. فعلى سبيل المثال، تحفز هذه الإنزيمات ما لا يقل عن خمسة أنواع من التفاعلات المختلفة على نرة الكربون ألفا α -Carbon atom فى الأحماض الأمينية وهي:- تفاعلات نزع الكربوكسيل Decarboxylations ، وتفاعلات نقل الأمين Transaminations، وتفاعلات تحول مشابه إلى مشابه آخر Racemizations (التشابه الفراغى)، وتفاعلات نزع الأمين Deaminations، وتفاعلات الكسر الألدولى Aldol cleavages.

١. نزع مجموعة الكربوكسيل بواسطة إنزيمات Decarboxylases:- تحفز إنزيمات نزع مجموعة الكربوكسيل Decarboxylases التي تحتوى على فوسفات البيريدوكسال عملية نزع الكربوكسيل من الأحماض الأمينية البروتينية Protein amino acids؛ مثل نزع مجموعة الكربوكسيل من حمض الجلوتاميك Glutamic acid متحولاً إلى حمض جاما-أمينو بيوتيريك (الجابا) γ -Aminobutyric acid (GABA) بواسطة إنزيم Glutamate decarboxylase (شكل ١٣-٣). ومثل نزع مجموعة الكربوكسيل من الحمض الأميني هيسثيدين Histidine متحولاً إلى هيستامين Histamine بواسطة إنزيم Histidine decarboxylase (شكل ١٣-٤). كما تحفز أيضاً نزع مجموعة الكربوكسيل من الأحماض الأمينية غير البروتينية Non-protein amino acids؛ مثل إنزيم 5-Hydroxytryptophan decarboxylase الذى يحفز عملية نزع مجموعة الكربوكسيل من المركب 5-Hydroxytryptophan متحولاً إياه إلى المشتق 5-Hydroxytryptamine (يسمى سيروتونين Serotonin)



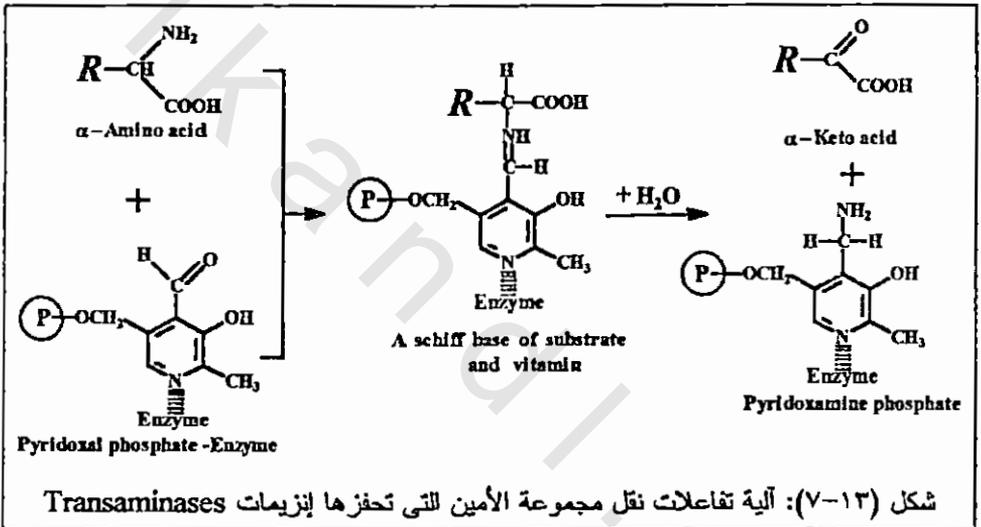
كما يحفز نظام إنزيمات فوسفات البيريدوكسال عملية نزع مجموعة الكربوكسيل من حمض سستئين سلفونيك Cysteine sulfonic acid والذي يعتبر مصدراً للتايورين Taurine اللازم لتخليق أملاح الصفراء Bile salts.

٢. نقل مجموعة الأمين بواسطة إنزيمات Transaminases: - تلعب إنزيمات نقل مجموعة الأمين التي تحتوى على فوسفات البيريدوكسال دوراً حيوياً خاصاً فى تخليق الأحماض الأمينية غير الضرورية Non-essential amino acids وهدم Catabolism بعض الأحماض الأمينية. فهذه الإنزيمات تتوسط مسارات التمثيل الغذائى للأحماض الأمينية. فمن خلال المجموعة الفعالة لهذه الإنزيمات (فوسفات البيريدوكسال) تنتقل مجموعة أمين من حمض أمينى إلى حمض ألفا-كيتونى (شكل ١٣-٦). α -Keto acid وينتج حمض أمينى آخر وحمض ألفا-كيتونى جديد (شكل ١٣-٦).



وآلية هذا التفاعل تتضمن تكوين قاعدة شيف Schiff's base بين الحمض الأمينى

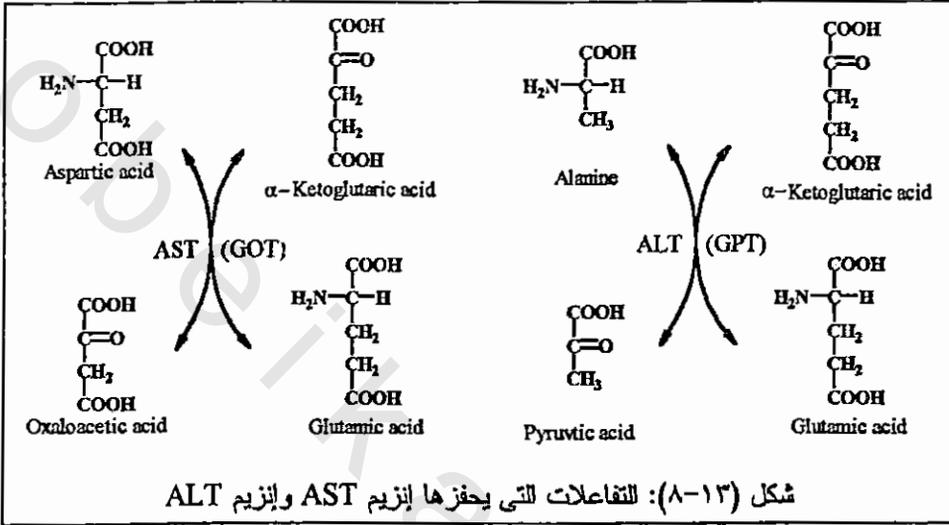
(مادة التفاعل) وفوسفات البيريدوكسال بصورة عابرة (شكل ١٣-٧). فإثناء نقل مجموعة الأمين، تتكون قاعدة شيف بين مجموعة الألفا-أمين في الحمض الأميني ومجموعة الألدهيد في فوسفات البيريدوكسال. بعد ذلك تتحلل قاعدة شيف مائياً منتجة الهيكل الكربوني للحمض الأميني (حمض ألفا-كيتوني) وفوسفات البيريدوكسامين Pyridoxamine phosphate. وفي الخطوة الأخيرة، تنتقل مجموعة الأمين من فوسفات البيريدوكسامين إلى حمض ألفا-كيتوني آخر؛ ويتكون بذلك حمض أميني جديد، وتتجدد في نفس الوقت فوسفات البيريدوكسال.



ومن أبرز أمثلة هذه الإنزيمات التي توجد في معظم الخلايا والأنسجة (الكبد والعضلات والقلب والكلى وخلايا الدم الحمراء) إنزيمان هما:-

- أ- إنزيم Aspartate aminotransferase (AST) والذي كان يعرف من قبل باسم Glutamate oxaloacetate transaminase (GOT) (شكل ١٣-٨).
- ب- إنزيم Alanine aminotransferase (ALT) والذي كان يعرف من قبل باسم Glutamate pyruvate transaminase (GPT) (شكل ١٣-٨).

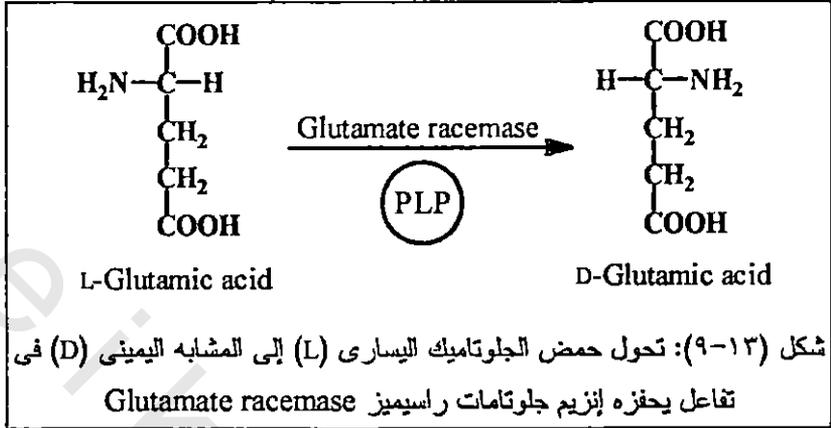
وتقدير نشاط هذان الإنزيمان في مصل الدم له أهمية كبيرة جداً في التشخيص الإكلينيكي لوظيفة الكبد Liver function.



٣. تحول حمض أميني من مشابه إلى مشابه آخر بواسطة إنزيمات الراسيمييز Racemases:- في بعض البكتريا، إنزيمات الراسيمييز التي تحتوي على فوسفات البيريدوكسال تحول الأحماض الأمينية اليسارية إلى المشابهات الفراغية اليمينية (D-Amino acids (D-stereoisomers). ومن أبرز الأمثلة على ذلك إنزيم Glutamate racemase الذي يحفز تحول حمض الجلوتاميك اليساري إلى المشابه اليميني (حمض الجلوتاميك اليميني) (شكل ١٣-٩) ومن ناحية أخرى، إنزيمات فوسفات البيريدوكسال تحفز تفاعلات على مراكز أخرى (غير ذرة الكربون ألفا) في جزيء الحمض الأميني. ومن أمثلة ذلك، التفاعلات التي تحدث على ذرة الكربون بيتا β -Carbon atom. ومن أبرز الأمثلة على ذلك:-

١- إزالة مجموعة الثيول (-SH) من السستئين بواسطة إنزيم Cysteine

.desulphhydrase

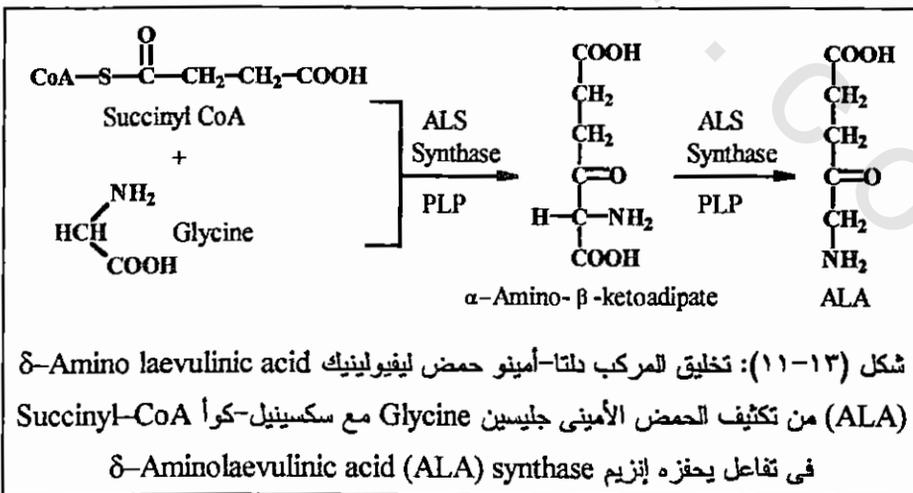
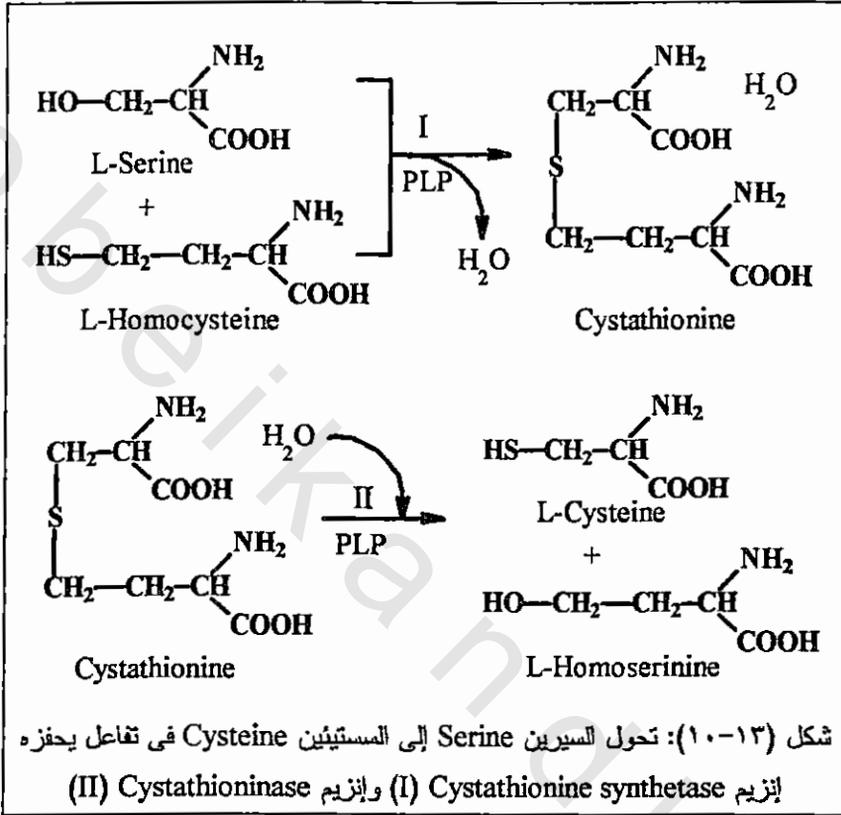


٢- تحول الحمض الأميني سيرين Serine إلى الحمض الأميني سستئين. وهناك إنزيمان يحفزان تحول السيرين إلى سستئين (من إنزيمات فوسفات البيريدوكسال) وهما:-

أ- Cystathionine synthetase: وهو يحفز تكثيف Condensation السيرين والهوموسستئين Homocysteine مكوناً سستاثيونين Cystathionine (شكل ١٣-١٠).

ب- Cystathioninase: وهو يحفز دخول جزيء ماء إلى السستاثيونين وكسره متحولاً إلى سستئين وهوموسيرين (شكل ١٣-١٠).

٣- تعمل فوسفات البيريدوكسال كمعاون إنزيمي لإنزيم δ -Aminolaevulinic acid (ALA) synthase الذي يحفز تكثيف الجليسين Glycine مع السكسينات النشطة Active succinate (كسينيل-كوا Succinyl-CoA). ونتيجة هذا التكثيف يتكون ألفا-أمينو-بيتا كيتو أديبات α -Amino- β -keto adipate والذي ينزع منه جزيء ثاني أكسيد كربون، وبذلك يتكون المشتق دلتا-أمينو حمض ليفولينيك δ -Aminolaevulinic acid (ALA) (شكل ١٣-١١).



والمشتق الأخير يمثل أول مركب وسطى فى تخليق شق الهيم Heme فى الهيموجلوبين Hemoglobin (الحامل الرئيسى للأوكسجين فى الدم).

٤- بالإضافة إلى ذلك وكما سبق أن ناقشنا، تلعب فوسفات البيريدوكسال دوراً هاماً فى تخليق النياسين من التربتوفان (إحدى العوامل اللازمة لتحويل التربتوفان إلى المعاون الإنزيمى NAD^+). وعلى الرغم من أن هذا قد لا يرتبط مباشرة مع أعراض نقص فيتامين ب_٣، إلا أن اختبار تحمل التربتوفان Tryptophan load test يعتبر دليلاً حساساً Sensitive indicator لحالة فيتامين ب_٣ فى الجسم.

ومما هو جدير بالذكر، فيتامين ب_٣ له علاقة قوية بأمراض أوعية القلب Cardiovascular diseases لأنه ضرورى لتحويل الهوموسستئين إلى سستئين. وقد ثبت أن فرط الهوموسستئين فى الدم Hyperhomocysteinemia تمثل إحدى عوامل الخطورة Risk factors فى أمراض أوعية القلب (تسبب تصلب للشرايين).

٢) تفاعلات فى بعض المسارات والتي لا تتضمن أحماض أمينية

توجد مجموعة فوسفات البيريدوكسال أيضاً فى إنزيم جليكوجين فوسفوريليز (الإنسان) Human glycogen phosphorylase، لكن دور هذه المجموعة غير واضح على وجه الدقة. ويرتبط المعاون الإنزيمى مع إنزيم جليكوجين فوسفوريليز عن طريق قاعدة شيف مع مجموعة الأمين إيسلون الطرفية ϵ -Amino group الخاصة بوحدة الليسين Lysine. ومما هو جدير بالذكر، يساهم البيريدوكسين فى تنظيم فعل الهرمونات الاستيررويدية Steroid hormones. تعمل فوسفات البيريدوكسال على إزالة معقد مستقبل الهرمون Hormone-receptor complex المرتبط بالحمض النووى دنا DNA bonding، وبذلك تحد من فعل الهرمونات أو تقضى على فعلها. ولهذا السبب فى حالة نقص فيتامين ب_٣ تكون هناك زيادة فى حساسية الأنسجة التى يستهدفها الفيتامين Target tissues لتراكيز منخفضة من

الهرمونات مثل Oestrogens و Androgens و Cortisol و Vit.D.

٦- امتصاص البيريدوكسين

يمتص معظم فيتامين ب_٦ في الأثنى عشر والأمعاء الدقيقة وبنسبة بسيطة في القولون. وهناك دليل قوى يؤكد حدوث الانتشار البسيط Simple diffusion كآلية لامتصاص البيريدوكسين. وعلى الرغم من تخليق فيتامين ب_٦ بواسطة الميكروفلورا المعوية (بكتريا القولون)، إلا أنه لا يمتص ويفرز في البراز. ويرتبط فيتامين ب_٦ مع الألبومين والهيموجلوبين عند تحركه في الدم. وهذا الارتباط يكون من خلال مجموعة الألدهيد الخاصة بالفيتامين مع مجموعة أمين على البروتين؛ ويظل هكذا حتى يرتبط مع الإنزيمات التي تحتاج إليه. هذا، ويدخل فيتامين ب_٦ في صورته الحرة إلى خلايا الدم الحمراء وليس في صورته المرتبطة بالبروتين.

٧- تخزين البيريدوكسين

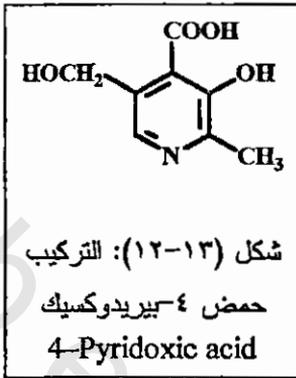
تحتوى العضلات على نسبة مرتفعة من فيتامين ب_٦، وهذا لأن إنزيم جليكوجين فوسفوريلاز العضلات الذي يحتوى على فوسفات البيريدوكسال يمثل حوالى ٥٪ من بروتين العضلات.

٨- الأنسجة الهدف Target tissues

أنسجة العضلات والأنسجة العصبية والعقد الليمفاوية Lymph nodes والكبد.

٩- إخراج البيريدوكسين

مثل فيتامينات ب_١، ب_٢، ب_٦؛ جزء من فيتامين ب_٦ الممتص من الأمعاء يتحول إلى مشتق معاون إنزيمى بينما يفرز الباقي كما هو أو بعد تمثيله. في الإنسان، تتحول الثلاث مركبات التي لها نشاط فيتامين ب_٦ في المقام الأول إلى حمض ٤-بيريدوكسيك 4-Pyridoxic acid (شكل ١٣-١٢) ويفرز في البول في هذه الصورة. هذا، وحمض بيريدوكسيك ليس له نشاط حيوى كفيتامين.



أثبتت الدراسات الحديثة أن الشخص البالغ الطبيعي يخرج يومياً في المتوسط حوالي ٥٧٪ من الجرعة المعطاة له من فيتامين ب٦. أما النساء فيخرجن ما بين ٧٥٪ و ٨٥٪ من متوسط ما يتناولن من فيتامين ب٦ في اليوم في صورة حمض ٤-بيريدوكسيك؛ وهذا يبلغ حوالي ٠,٨٦ ميلي جرام.

هذا، ويخرج فيتامين ب٦ في البراز كما هو (٠,٥-٠,٨ ميلي جرام/يوم).

١٠- نقص البيريدوكسين

في حالة النقص الغذائي للبيريدوكسين تختل جميع الوظائف التمثيلية السابق ذكرها وغيرها من الوظائف. والنقص الحاد في فيتامين ب٦؛ والذي نادراً ما يحدث؛ يؤدي إلى دلائل إكلينيكية Clinical signs واضحة. في أوروبا وفي الخمسينات من القرن العشرين ظهرت إحدى حالات النقص الواضحة والمتفشية بين الأطفال للرضع Babies. وقد كان السبب الحقيقي وراء ذلك هو تغذي هؤلاء الأطفال على مستحضر لين عومل أثناء تصنيعه معاملات حرارية قاسية وأكثر مما ينبغي. وقد عانى العديد من الأطفال المتأثرين بهذا النقص من تشنجات Convulsions، والتي تم شفاؤها بسرعة بعد تناول فيتامين ب٦ (انقطعت الأعراض بسرعة). وتحرى حالات التشنج إلى الانخفاض الحاد في نشاط إنزيم Glutamate decarboxylase، والذي يعتبر من الإنزيمات التي تعتمد على فوسفات البيريدوكسال. ناتج نشاط هذا الإنزيم هو مركب الجابا (جاما-أمينو حمض البيوتيريك) والذي يعتبر ناقلاً عصبياً تنظيمياً Regulatory neurotransmitter في الجهاز العصبي المركزي.

أما النقص المتوسط في فيتامين ب٦ يؤدي إلى تمثيل غذائي غير طبيعي في الأحماض الأمينية، خصوصاً تمثيل التربتوفان والمثيونين Methionine اللذان

يتأثران بشدة. وتستخدم اختبارات تمثيل التربتوفان والمثيونين على نحو واسع لتحديد الحالة الغذائية لفيتامين ب٦ في الجسم. كما ينخفض أيضاً نشاط إنزيمات نقل مجموعة الأمين في حالات نقص فيتامين ب٦. وقياس نشاط إنزيم نقل مجموعة الأمين في خلايا الدم الحمراء يمثل مساراً إضافياً لتحديد الحالة الغذائية لفيتامين ب٦. هذا، وهناك دليل على أن النقص المتوسط أو غير الكافي من فيتامين ب٦؛ والمكتشف عن طريق الانحرافات غير الطبيعية في نشاط تلك الإنزيمات (الاختبارات البيوكيميائية)؛ قد يكون منتشرأ (شائعاً) نسبياً.

كما تتميز أعراض النقص بظهور التهاب جلدى مصحوب بسيلان دهنى Serborrhoeic dermatitis ومن حول العين والأنف والفم وخلف الأذن ... الخ.

١١- فرط (زيادة) البيريدوكسين (سميته)

يعتقد أن الجرعات الكبيرة نسبياً من الفيتامينات الذائبة فى الماء لا تسبب مشاكل (أضراراً) خطيرة، وهذا لأنها تخرج بسرعة من الجسم. ومع ذلك، ثبت أن تناول جرعات كبيرة جداً Megadoses من فيتامين ب٦ يمكن أن تسبب مرضاً فى الجهاز العصبى الطرفى (المحيطى) Peripheral neuropathy. وقد سجلت أعراض أمراض عصبية فى النساء اللاتى تناولن جرعات زائدة Overdoses من فيتامين ب٦ أكبر من ٥٠ ميللى جرام يومياً لمدة ستة شهور أو أكثر. وقد أمكن إحداث أعراض نقص فيتامين ب٦ أيضاً فى الأصحاء البالغين عندما تناولوا جرعات من فيتامين ب٦ تبلغ ٢٠٠ ميللى جرام لكل يوم لمدة ٣٣ يوماً. وهذه المشاهدات تدل على أن تناول جرعات زائدة من فيتامين ب٦ أكبر من ٥٠ ميللى جرام لكل يوم باستمرار له خطورة كبيرة. ومع ذلك، السمية الفعلية لفيتامين ب٦ منخفضة.

١٢- التعبير عن القيمة الغذائية

لا توجد وحدات الدولية I.U يعبر بها عن القيمة الغذائية لفيتامين ب٦. لذا يعبر عن

النتائج التحليلية بالوحدات الوزنية (ميلي جرام mg بيبيدوكسين هيدروكلوريد (PN.HCl). وقد استخدم تركيز فوسفات البيبيدوكسال PLP كمؤشراً (دليلاً) Index لحالة فيتامين ب_٦ فى التقديرات الحيوية فى الفئران Rat bioassays. فى عام ١٩٨٣ أثبت فريق من الباحثين أنه يوجد فرق بسيط (أو قد لا يوجد هذا الفرق) فى النشاط الحيوى الظاهرى Apparent biological activity بين الصور الثلاث لفيتامين ب_٦ (PN و PL و PM). هذا، وجميع الصور الفيتامينية Vitamers الست لفيتامين ب_٦ (PN و PL و PM و PNP و PLP و PMP) لها نشاط حيوى متكافئ فى الإنسان، وذلك عند تساوى التركيز الجزيئى (المولر) لجميع الصور مع بعضها البعض (على أساس مولارى Molar basis). ويرجع ذلك إلى تحول هذه الصور بالإنزيمات إلى صورة المعاون الإنزيمى الرئيسى فوسفات البيبيدوكسال.

١٣- الإتاحة الحيوية

يتباين مدى إتاحة فيتامين ب_٦ فى الأغذية تبايناً كبيراً، وهذا يرجع إلى عدة عوامل. وأهم العوامل التى تؤثر على مدى إتاحة فيتامين ب_٦ هى:-

١- وجود جلوكوسيد البيبيدوكسين (PN-glucoside) glucoside-Pyridoxine فى الأنسجة النباتية.

٢- تكوين نواتج تفاعلات مع البيبيدوكسين التى تحدث أثناء تصنيع وإعداد الطعام. وبوجه عام، مدى إتاحة فيتامين ب_٦ من الأغذية النباتية أقل من مدى إتاحتها من الأغذية الحيوانية. وطبقاً لمستويات فوسفات البيبيدوكسال فى بلازما الرجال، مدى إتاحة الفيتامين من الغذاء الأمريكى المتوسط يتراوح بين ٦١٪ و ٨١٪؛ بمتوسط يبلغ ٧١٪. وفى دراسة أجريت عام ١٩٩١ على تقدير مدى الإتاحة الحيوية لجلوكوسيد البيبيدوكسين فى الإنسان وطبق فيها طريقة النظير الثابت Stable-isotope method واستخدام فيها جلوكوسيد بيبيدوكسين يحتوى على الديوتريوم

(الهيدروجين الثقيل) Deuterated PN-glucoside، دلت النتائج على أن نسبة الاستفادة من هذا الجلوكوسيد تبلغ $13 \pm 5.8\%$ من الاستفادة المطلقة للبيريدوكسين الحر (نسبتها ١٠٠٪). والاستفادة التمثيلية Metabolic utilization لجلوكوسيد البيريدوكسين المُعطى عن طريق الحقن فى الوريد Intravenous (I.V) administration كانت تقريباً تعادل نصف الاستفادة التمثيلية لجلوكوسيد البيريدوكسين المُعطى عن الفم. وهذا بالطبع يوضح الدور الذى يلعبه إنزيم (أو إنزيمات) البيتا-جلوكوسيداز β -Glucosidase(s) (إنزيمات تحليل الجلوكوسيدات فى الوضع بيتا) الخاصة بالميكوزا المعوية Intestinal mucosa أو الخاصة بالميكروفلورا المعوية Intestinal microflora أو كلاهما معاً فى تحرير البيريدوكسين الحر من جلوكوسيد البيريدوكسين الموجود فى المواد الغذائية. على العكس من ذلك، الإتاحة الحيوية لجلوكوسيد البيريدوكسين فى الفئران تبلغ نسبة حوالى ٢٠-٣٠٪ من نسبة إتاحة البيريدوكسين الحر (١٠٠٪).

ومن ناحية أخرى، جلوكوسيد البيريدوكسين يمثل حوالى ١٠-١٥٪ من فيتامين ب٦ الكلى فى الأغذية النموذجية المختلفة Typical mixed diets المستخدمة فى تغذية الإنسان. ولكن هذه النسبة تكون أكبر من ذلك نسبياً (مرتفعة) فى أغذية النباتيين Vegetarian diets (أغذية مؤلفة كلها من الخضر والنباتات). هذا، ولم يوجد اختلاف فى حالة فيتامين ب٦ بين النساء النباتيات وغير النباتيات اللاتى يتناولن نفس الكمية من فيتامين ب٦. وقد دلت نتائج التجارب البحثية أن مكونات (أجزاء) النخالة Bran fractions الخاصة بالقمح Wheat والأرز Rice والذرة الشامية Corn (Maize) غنية بفيتامين فيتامين ب٦ وأن هذا الفيتامين غير متاح للإنسان. ومع ذلك، وجود الألياف فى الأغذية النباتية له دور أو تأثير ثانوى Minor effect فقط فى مدى تيسر فيتامين ب٦. دلت نتائج التجارب خارج الكائن الحى In vitro على

أن الأنواع المختلفة من الألياف الغذائية Dietary fibres (السكريات العديدة Polysaccharides واللجنين Lignin ونخالة القمح) لا ترتبط مع صور فيتامين ب_٦ المختلفة أو تحجبه. وعندما تم إجراء التقدير الحيوى فى الكتايت Chick bioassay، ثبت أن السليلوز Cellulose والبكتين Pectin والنخالة لها تأثير ضعيف أو ليس لها تأثير بالمرّة على إتاحة فيتامين ب_٦. أما فى الإنسان، فكانت إتاحة فيتامين ب_٦ من خبز القمح الكامل Whole wheat bread أقل بمقدار ١٠-٥٪ عن إتاحتها من الخبز الأبيض المدعم بفيتامين ب_٦. كما أثبتت الأبحاث أن إضافة نخالة القمح بنسبة ١٥ جرام/يوم إلى وجبات الإنسان تحدث فقط انخفاضاً ثانوياً بحد أقصى مقداره ١٧٪ فى إتاحة فيتامين ب_٦.

أما عن فيتامين ب_٦ سواء كان على هيئة قاعدة شيف Schiff's base أو ألأمين مستبدل Substituted aldamine والتي توجد بصورة طبيعية فى الأغذية ذات الأصل الحيوانى، فيعتقد أنها متاحة بالكامل. فهذه المعقدات تتفكك (تتفصل) بسرعة وسهولة تحت ظروف حموضة المعدة. وناتج اختزال قاعدة شيف؛ إيسلون بيريدوكسيل ليسين ε-Pyridoxyllysine؛ والذي يتكون أثناء المعاملات الحرارية للأغذية الحيوانية (التصنيع) مقاوم جداً للتحليل المائى الحمضى Acid hydrolysis. وفى الفئران له إتاحة حيوية تبلغ حوالى ٥٠٪ من تلك الخاصة بالبيريدوكسين الحر. وتأثير المعقد إيسلون بيريدوكسيل ليسين على مدى إتاحة فيتامين ب_٦ فى الأغذية يعتمد على:-

١- المحتوى الكلى لفيتامين ب_٦ فى الغذاء.

٢- نسبة الفيتامين المرتبط بالبروتين Protein-bound vitamin إلى صور

Vitamins فيتامين ب_٦ الحرة.

عندما تم تغذية الفئران على علائق غذائية تحتوى على مستويات منخفضة من

فيتامين ب_٦، ثبت أن المعقد يسلمون بييريدوكسيل ليسين يظهر نشاطاً مضاداً لفيتامين ب_٦ Anti-vit.B_٦. ويمكن معادلة هذا التأثير المضاد عن طريق تدعيم الأغذية بالبييريدوكسين. ويعزى هذا النشاط المضاد، على الأقل نسبياً، إلى التثبيط التنافسي Competitive inhibitor لإنزيم البييريدوكسال كينيز Pyridoxal kinase. فهذا الإنزيم يحفز فسفرة البييريدوكسال عند الموضع '٥' 5'-Phosphorylation. ومن المرجح أن يكون هذا التأثير المضاد Antagonistic effect مسئولاً عن النقص الحاد الذي قد ظهر في أوروبا على الأطفال الرضع الذين تم تغذيتهم على بدائل الألبان Formulas المعلبة وغير المدعمة Nonfortified والتي تم تعقيمها بالحرارة Heat-sterilized. ولا يحدث هذا التأثير (نقص الفيتامين) إذا احتوى الغذاء على كميات كافية ومناسبة من فيتامين ب_٦.

١٤- المصادر الغذائية

يخلق فيتامين ب_٦ في النباتات والفطريات والبكتريا المعوية والبنور والحبوب. أما الحيوانات فلا تستطيع تخليقه. وأغنى مصادره: اللحوم Organ meats والكبد والبيض (صفار البيض) والخميرة. كما يوجد بوفرة في نواتج تبييض الأرز Rice polishings (قشور الأرز) وأجنة الحبوب المختلفة والبنور والأسماك. ويوجد بكميات بسيطة في اللبن وبعض الخضراوات مثل الخس والسبانخ. في مصادر عديدة، يوجد فيتامين ب_٦ مرتبطاً كيميائياً (بروابط كيميائية) مع البروتين والسدى يتحرر أثناء عملية الهضم. على سبيل المثال، يوجد فيتامين ب_٦ في الكبد في صورة معقدات بييريدوكسال وبييريدوكسامين مع البروتين. هذا، ويوجد الفيتامين في مصادره الطبيعية بكميات بسيطة في الصورة الحرة.

