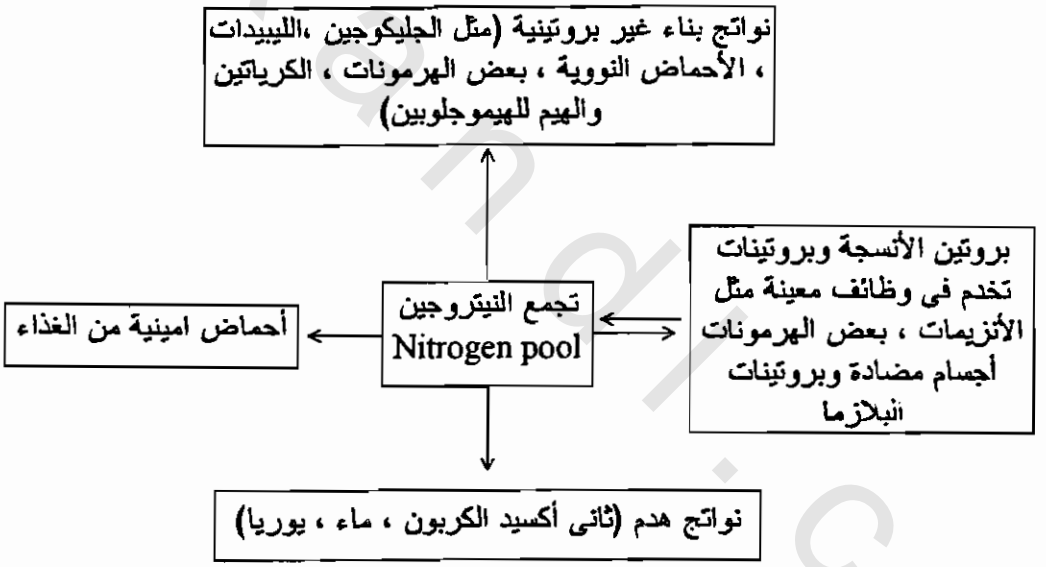
التمثيل الغذائي (الأيض) للأحماض الأمينية

عندما يتم إزالة مجموعات الأمينو من الأحماض الأمينية فإن الأجزاء المتبقية من الجزيئات تدخل فى مسارات الجليكولة والجليكونيوجينية والليبجنية أو فى دورة حامض الستريك.

تعتبر الأحماض الأمينية من النواتج النهائية لهضم البروتين والتى تنتقل بسرعة من خلال جدار الأمعاء الصغيرة. البعض منها صغير جداً مثل الببتيدات البسيطة التى يتم أيضاً امتصاصها. بمجرد دخول الأحماض الأمينية إلى الدورة فإنها تصبح جزء مما يسمى بتجمع النيتروجين Nitrogen Pool وهذا الاسم اخذ من التجمع الكامل لمركبات النيتروجين الموجودة فى أى مكان من الجسم فى أى حالة من الاتحاد الكيميائى.

تجمع النيتروجين :-



الأحماض الأمينية للإنسان يمكن أن تستخدم فى أى من الطرق التالية معتمدة فى ذلك على الإحتياج اللحظى للجسم :

١) تخليق بروتينات جديدة أو مستبدلة .

٢) تخليق مركبات نيتروجين غير بروتينية مثل الهيم والكرياتين والأحماض النووية وبعض هرمونات معينة والناقلات العصبية .

٣) إنتاج ATP أو الجليكوجين والأحماض الدهنية ومواد لها القدرة على تكوين ATP .

٤) تخليق بعض الأحماض الامينية.

هناك ثمانية أحماض أمينية يجب ان يشتمل عليها الغذاء وتسمى أحماض أمينية أساسية.

إن البروتين الذى يحتوى على كل الأحماض الأمينية الرئيسية بنسب معينة مناسبة لصحة الإنسان يسمى البروتين الكافى Adequate Protein .

الأحماض الأمينية الأساسية للإنسان البالغ.

الأحماض الأساسية		الأحماض الغير أساسية	
أيسوليوسين	Isoleucine	الأنين	Alanine
ليوسين	Leucine	أرجينين	Arginine
ليسينن	Lysine	اسباراجين	Asparagine
ميثيونين	Methionine	حامض اسبارتيك	Aspartic acid
فينيل آلآنين	Phenyl alanine	سيستين	Cysteine
ثيريونين	Theronine	جلوتامين	Glutamine
تربتوفان	Tryptophan	حامض جلوتاميك	Glutamic acid
فالين	Valine	جليسين	Glycine
		هستيدين	Histidine
		برولين	Proline
		تيروسين	Tyrosine
		سيرين	Serine

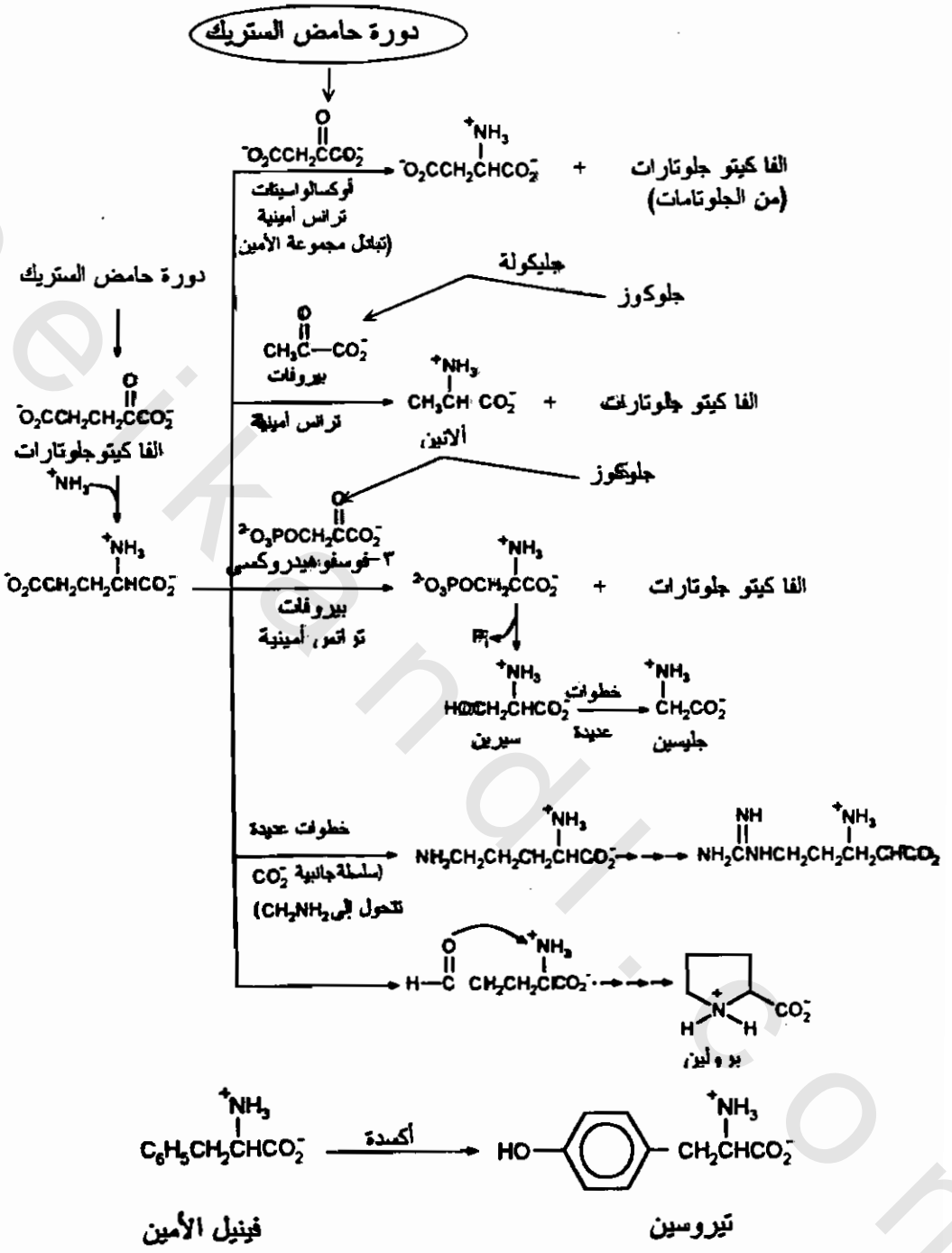
إتزان النيتروجين :

الإنسان ذو الصحة السليمة والذى يعتمد على غذاء مناسب كاف فإنه يفرز كل يوم الزيادة من النيتروجين المستمد من الغذاء والذى يكون فوق إتزان النيتروجين .

اثناء سنوات النمو فإن الشخص يجب ان يكون فى المتوسط فى اتزان نيتروجين ايجابى ، يأخذ نيتروجين اكثر من ذلك الذى يفرز. فى امراض نقص الكوبالت وتلك المشتملة على جليكونيوجينية كثيفة فإن الشخص يكون فى حالة اتزان نيتروجين سالب وبروتينات النسيج تحرر أحماضها الأمينية وذلك للاستخدامات الضرورية ونيتروجينها يفرز فى اشكال وصور مختلفة.

تخليق الأحماض الأمينية الغير أساسية :

الجسم يمكنه أن يصنع ١٢ حامض أميني غير أساسي بمسارات مختلفة عديدة الخطوات.



التخليق الحيوى لبعض الأحماض الأمينية الغير أساسية

التخليق البيوحيوى لبعض الأحماض الأمينية الغير أساسية :

إن الجسم يمكنه أن يصنع ١٢ حامض أمينى غير أساسى بمسارات مختلفة عديدة الخطوات يمكنه ان يصنع بعضها من المركبات الوسيطة فى الجليكولة وفى دورة حامض الستريك.

العديد من التخليق يعتمد على مقدرة حامض الجلوتاميك (بالفعل على أيون الجلوتامات عند pH الجسم) ، وهكذا يمكن أن تتكون بعض الأحماض الأمينية من ألفاكيتوجلوتارات α–Ketoglutarate بتفاعل يسمى الأمينية المختزلة reductive amination.

$$^{-}O_2C{-}CH_2{-}CH_2{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}CO_2^{-} + {}^{+}NH_4 + NADPH + H^{+} \rightleftharpoons {}^{-}O_2C{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{NH_3^{+}}{CH}CO_2^{-} + NADP^{+} + H_2O$$

ألفاكيتوجلوتارات — جلوتامات

بعض انزيمات NADH يمكنها أيضاً أن تحفز هذا التفاعل ثم بعد ذلك يتم استخدام الجلوتامات لمجموعتها NH_3^{+} . العديد من أحماض الكيتو يمكن أن تتحول إلى الأحماض الأمينية المناظرة بواسطة نوع عام من التفاعل يسمى ترانس أمينية Transamination (تبادل مجموعة الأمين).

الحالة العامة :

$$G{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}CO_2^{-} + {}^{-}O_2C{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{NH_3^{+}}{CH}{-}CO_2^{-} \rightleftharpoons G{-}\underset{NH_3^{+}}{CH}{-}CO_2 + {}^{-}O_2C{-}CH_2{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}CO_2^{-}$$

حامض ألفاكيتو — جلوتامات — حامض ألفا أمينى — ألفاكيتوجلوتارات

الانزيمات اللازمة لعملية ترانس الأمينية تسمى ترانس أمينازات Transaminases وتشتمل على فوسفات البيريدوكسال كعامل مساعد. السيستين هو احد الأحماض الأمينية الغير أساسية والتى تصنع بمسار معقد يحتوى على السيرين serine والميثيونين حيث أن الأخير يعطى الكبريت لتتكون مجموعة SH بالسلسلة الجانبية للسيستين.

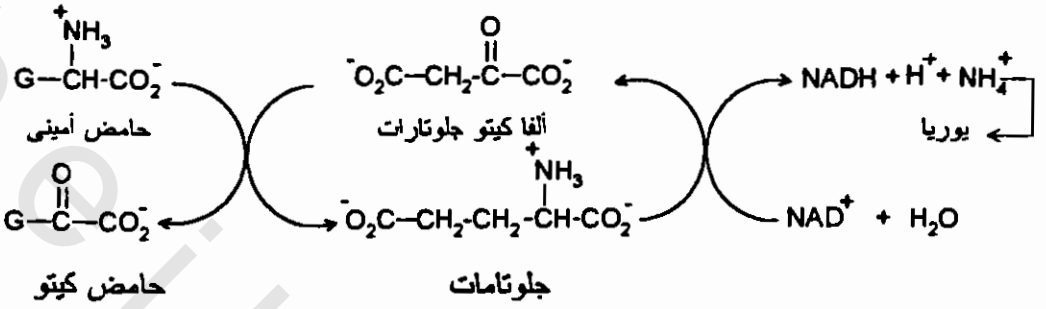
هدم الأحماض الأمينية :-

الأحماض الأمينية فى تجمع النيتروجين والتى لا تستخدم لصنع أحماض أمينية أخرى أو لعمل مركبات نيتروجين أكبر فإنه يتم هدمها. النواتج النهائية للهدم الكامل هى اليوريا وثانى اكسيد الكربون والماء وفى الطريق تتكون مركبات عديدة وتعتبر مركبات وسيطة تنتج من

مسارات اخرى مثل إنتزاع الأمين المؤكسد (اكسدة انتزاع الأمين) وإنتزاع الأميـــن المباشـــر والدى كربوكسلة (إنتزاع مجموعة كربوكسيل).

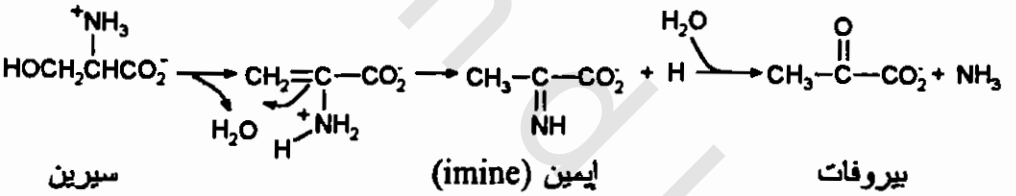
انتزاع الأمين المؤكسد Oxidative Deamination

هو إزالة مجموعة أمينو فى صورة NH_4^+ وإحلال بدلاً منها مجموعة كيتو Keto .



إنتزاع الأمين المباشر Direct Deamination:

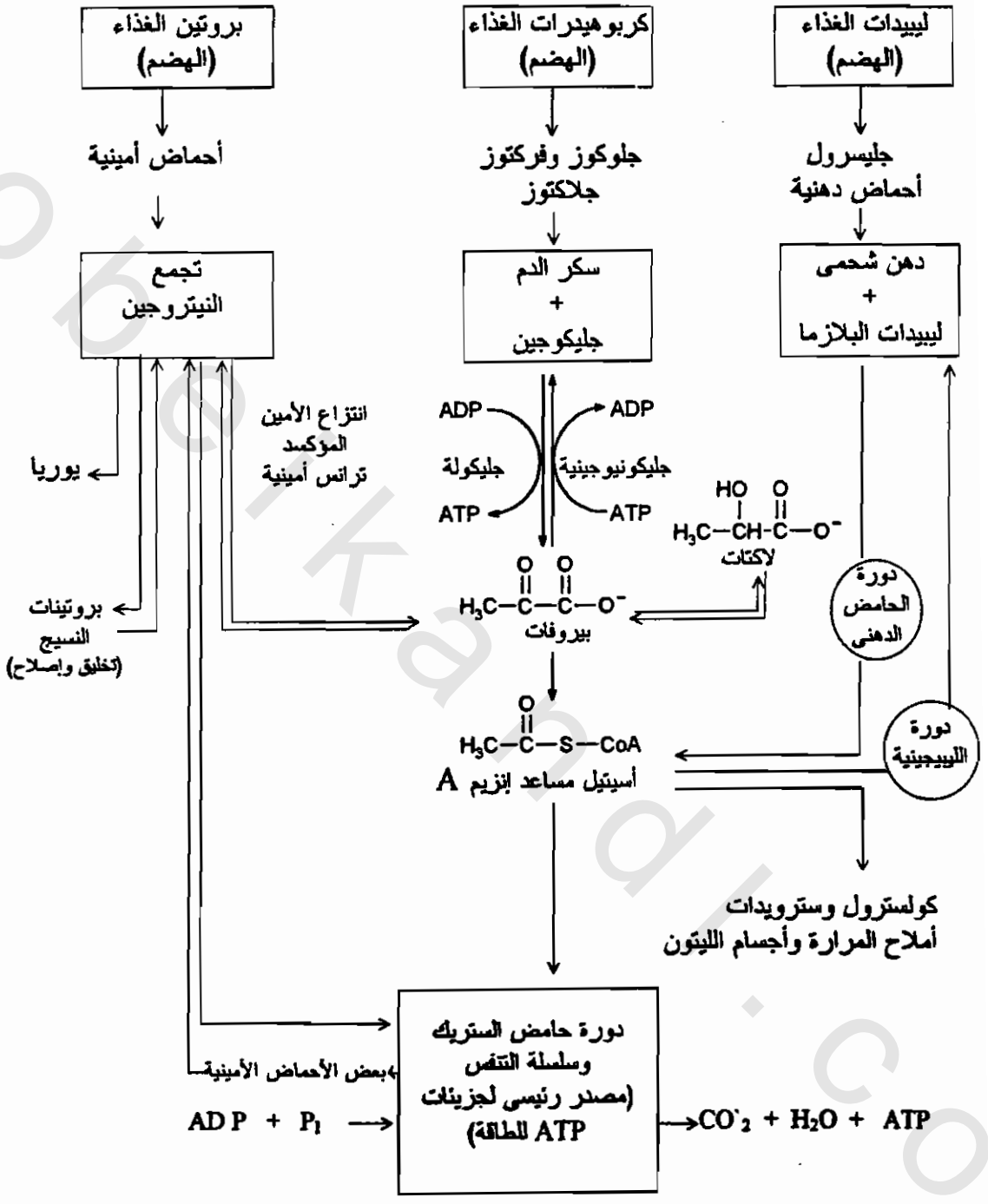
فقد كل من مجموعات OH & NH_3^+ من السيرين والثريونين والأحماض الأمينية التـــى بها مجموعات OH على السلاسل الجانبية . على سبيل المثال السيرين .



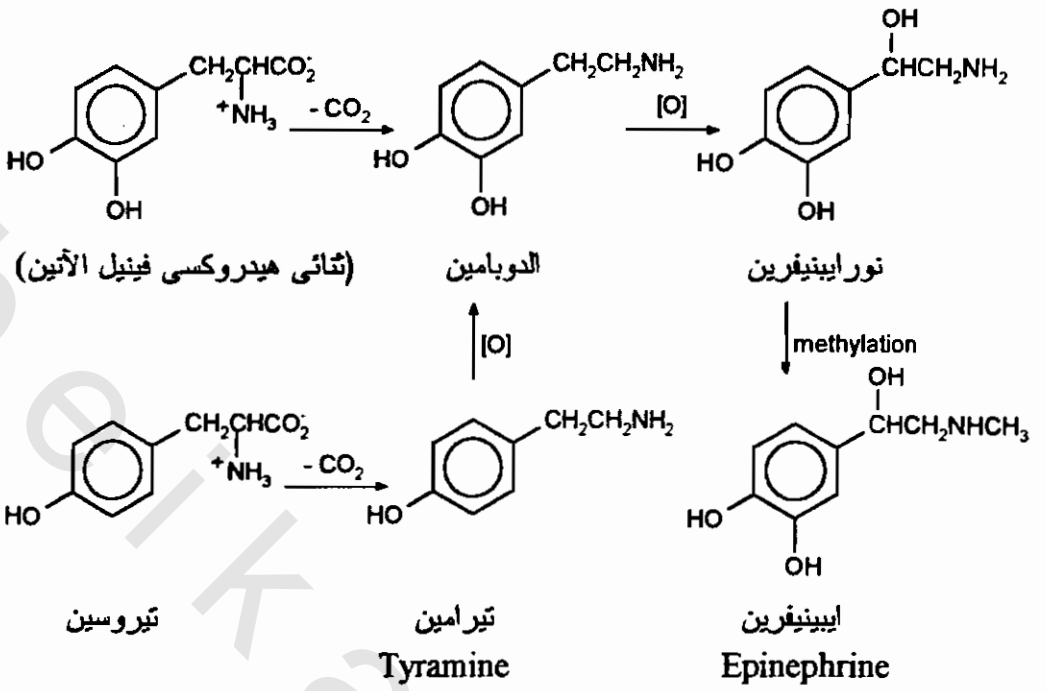
مجموعات الإيمين imine تتحلل بسهولة حيث يمكنها ان تضيف الماء وتنشطر الى الامونيا.

إنتزاع مجموعة الكربوكسيل (الدى كربوكسلة):

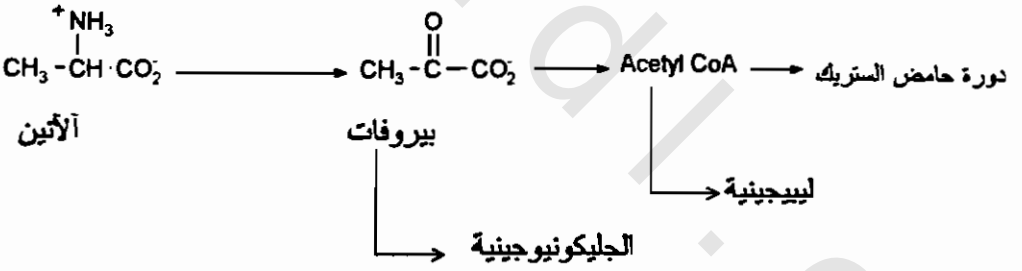
تحول بعض الأحماض الأمينية إلى أمينات يحتاجها الجسم. على سبيل المثال : النـــاقلات العصبية وهرمونات الدوبامين hormones dopamine والنورايبنيفريـن norepinephrine والايبينيفرين epinephrine تصنع بخطوات تبدأ بإنتزاع مجموعة الكربوكسيل مـــن ثـــانى هيدروكسى فينيل الأنين عند تصنيع الجسم للتيروسين.



العلاقات الداخلية لمسارات البناء الرئيسية



إن ترانس الأمينية للألآنين يعطى بيروفات Pyruvate والتى تدخل فـى دورة حـامض الستريك إلى الجليكونيوجينية أو الى التخليق الحيوى للأحماض الدهنية .



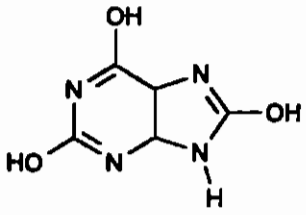
تخليق اليوريا :-

اليوريا هى الناتج النهائى الرئيسى للتمثيل الغذائى (الأيض) للنيتروجين فى الإنسان إنـها تتكون فى الكبد. ومن هذا العضو فإنها تحمل فى تيار الدم إلى الكلى حيـث يتخلـص منـها وتضعها فى البول .

$$2NH_3 + CO_2 \longrightarrow NH_2CONH_2 + H_2O$$

يوريا

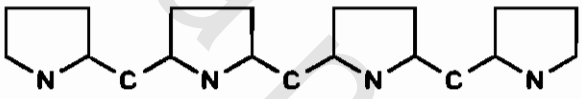
من الفضلات النيتروجينية الهامة حامض اليوريك (فى صورة ايون يورات). إنه يتكـــون من هدم أجزاء معينة من الأحماض النووية .



حامض اليوريك Uric acid

هدم الهيموجلوبين :

صبغات المرارة هى النواتج النهائية لهدم الهيم Heme ، إن تكسير الهيم يبـــدأ قبـــل أن يتكسر جزء الجلوبين. إن أحد "جسور" الكربون يتم التخلص منها ثم بعد ذلك يكـــون هنـــاك سلسلة مستقيمة من الحلقات الصغيرة. الألوان المميزة للبراز والبول تظهر بســـبب التكســـير الجزيئى لجزيئات الهيم ، كما أن مركبات البيرول الرباعية تسمى صبغات المرارة.



هيكل الكربون لصبغات المرارة (الروابط الثنائية توجد بأعداد متغيرة والوضـــع يعتمـــد على حالة الأكسدة).

جزئ الهيموجلوبين المكسر قليلاً يسمى فيردوهيموجلوبين Verdohemoglobin والذى ينشطر إلى جلوبين وأيون حديدوز والصبغة الخضراء بايليفردين biliverdin . الجلوبيـــن يدخل إلى تجمع النيتروجين ، إن الحديد يحفظ فى الجسم فى البروتين المخـــزون والفـــيريتين Ferritin يعاد استخدامه. البابليفيريدين يتحول بواسطة الإنزيمات فى الكبـــد إلـــى صبغـــة برتقالية حمراء تسمى بيلريوبين bilirubin والذى ينقله إلى المرارة حيث يدخل فى العصـــارة وأخيراً إلى القناة المعوية .