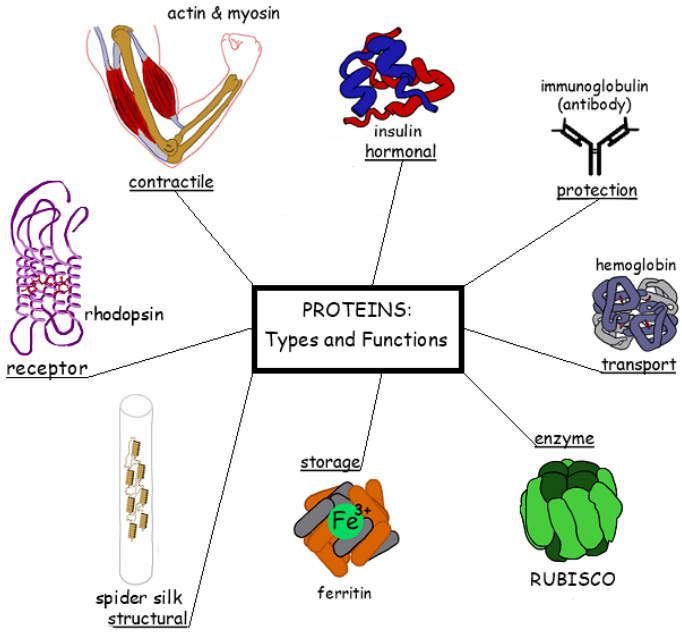
أيض البروتينات (Protein Metabolism)

البروتينات مركبات عضوية ذات وزن جزيئي عالي مكونة من اتحاد عدد كبير من الوحدات البنائية المسماة بالاحماض الامينية التي ترتبط فيما بينها بواسطة الاواصر الببتيدية وقد تكون على شكل سلسلة واحدة او عدة سلاسل مرتبطة بقوى مختلفة بحيث تأخذ شكل ثلاثي الابعاد , والبروتينات مواد حيوية مهمة جدا في الجسم بسبب الوظائف الحيوية المتعددة والمتنوعة التي تقوم بها داخل الجسم(ناقلة و منظمة ومحفزة ودفاعية وخازنة وتركيبية وغيرها من الوظائف الاخرى).



عند هضم البروتينات تتحول الى احماض امينية وهدم الأحماض الأمينية هو جزء من عملية أكبر لعملية التمثيل الغذائي للجزيئات المحتوية على النيتروجين يدخل النيتروجين الجسم في مجموعة متنوعة من المركبات الموجودة في الطعام أكثرها الأحماض الأمينية الموجودة في البروتين الغذائي ويترك النيتروجين الجسم مثل اليوريا والأمونيا ومنتجات أخرى مشتقة من استقلاب الأحماض الأمينية .

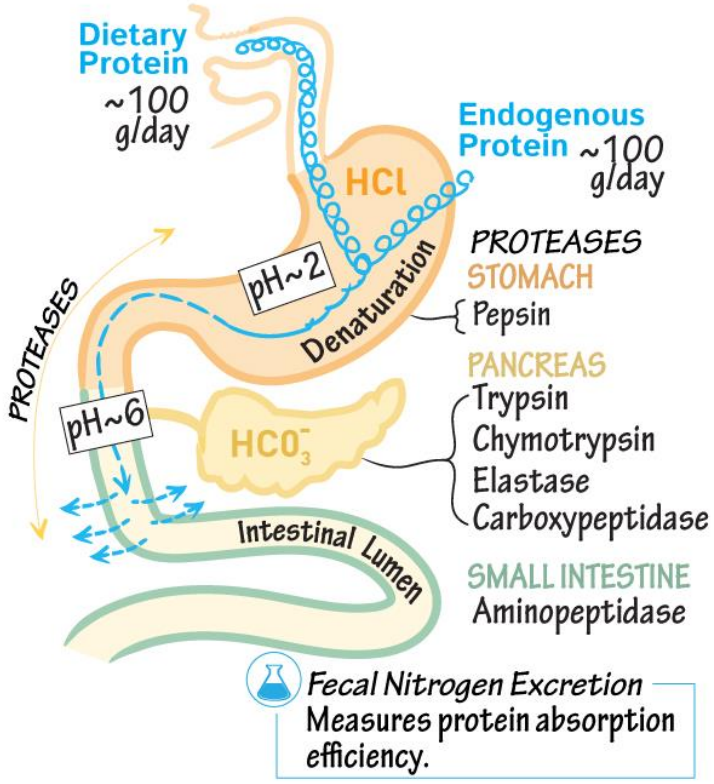
أن كمية البروتين في الجسم (حوالي 12 كجم في الرجل وزنه 70 كجم) فإنه يعتبر مركز التمثيل الغذائي للنيتروجين في الجسم كله.

يُستهلك معظم النيتروجين الموجود في النظام الغذائي على شكل بروتين وعادة ما يصل إلى 70 - 100 جم / يوم في النظام الغذائي الأمريكي.

تكون البروتينات بشكل عام كبيرة جدًا بحيث لا يمكن للأمعاء امتصاصها لذلك يجب أن تتحلل بالماء لإنتاج الببتيدات الثنائية والثلاثية وصولا الى الأحماض الأمينية الحرة.

المرحلة 1: الهضم Digestion

هضم البروتينات Digestion of Protein



1. في الفم:

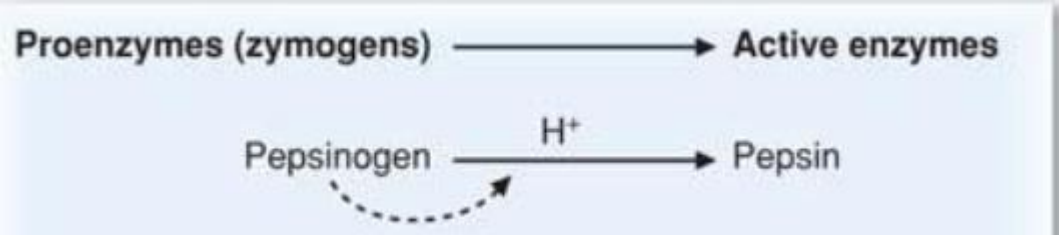
لا يحصل اي هضم للمواد البروتينية.

2. في المعدة:

في هذه المرحلة تنشط انزيمات المعدة والامعاء المسوؤلة عن البروتينات حيث تتحول الانزيمات من الشكل الغير فعال الذي يسمى (زيموجين **zymogen**) او (بروانزيم proenzyme) الى الشكل الفعال (أنزيم enzyme).

في المعدة هنالك ثلاث انزيمات تعمل على تحطيم الروابط الببتيدية وتحويل البروتينات الى الببتيدات هي الببسين و الرينين والجيلاتينايز. بالاضافة الى هذه الانزيمات يساعد حامض ال HCl الموجود في المعدة على هضم البروتينات الى ببتيد حامضي.

الببسين Pipsin: ينشط انزيم الببسين بوساطة حامض ال HCl الموجود في المعدة (درجة الpH المثلى لعمل هذا الانزيم هي 1.5) فيحول الببسينوجين (الشكل الغير فعال للانزيم) الى الببسين (الشكل فعال للانزيم) يكسر الببسين الروابط الببتيدية في البروتينات ويحولها الى ببتيدات متعددة.

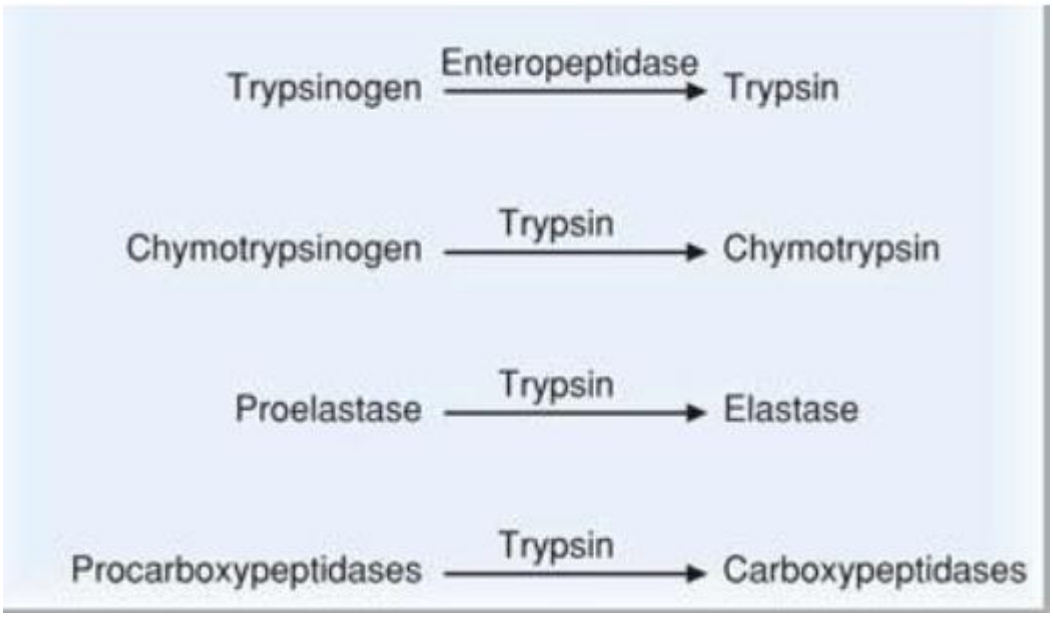


الرينين Rennin: يفرز هذا الانزيم من خلايا جدار المعدة ويعمل على هضم بروتين الحليب (الكازايين) بوجود أيونات الكالسيوم وتجبين الحليب بمعدة الاطفال. يعمل هذا الانزيم في وسط متعادل وبالتالي لا يوجد هذا الانزيم في معدة الكبار بسبب الحموضة العالية للمعدة الكبار بينما تكون حموضة معدة الاطفال متعادلة.

الجيلاتينايز Gelatinase: يعمل هذا على هضم بروتين الجلايتين وتحويله الى ببتيدات متعددة.

3. في الاثنى عشر:

يستكمل هضم البروتينات بوساطة العصارة البنكرياسية في الاثنى عشر والتي تحوي على اربع انزيمات وهي: التربسين والكيموتربسين والكربوكسي ببتيدايز واللاستيز. تقوم هذه الانزيمات الاربعة بتكسير الروابط الببتيدية في ببتيدات متعددة ويحولها الى ببتيدات صغيرة (ببتيدات ثلاثية وثنائية) وأحماض امينية.



4. في الأمعاء الدقيقة:

أنزيمات الامعاء الدقيقة الهامضة للبروتين هي:

الامينوببتيدايز Aminopeptidase: يعمل على كسر الرابطة الببتيدية الاولى من طرف مجموعة الامين.

الدايببتيدايز Dipeptidase: يعمل على كسر الرابطة الببتيدية بين ثنائيات الببتيد الناتجة من عمل أنزيم الببسين.

يتم في الامعاء الدقيقة هضم البروتين ومتعدد البروتينات والببتيدات ثلاثية وثنائية وتحويلها بشكل نهائي الى الاحماض الامينية.

تمتص الاحماض الامينية من بطانة الامعاء وتذهب الى الدورة الدموية ثم الى الكبد حيث يخزن 80% من الاحماض الامينية في الكبد وتكون هنالك مايعرف بالبركة النيتروجيني (Nitrogen pool) اذ انه في حالة الانسان البالغ تكون كمية النايتروجين (الذي مصدره الاحماض الامينية والبروتينات) الداخل للجسم والخارج منه في حالة توازن وهذا مايسمى بالتوازن النيتروجيني Nitrogen Balanceفي الحالة الطبيعية الا انه هذا التوازن قد يكون موجب او سالب

التوازن النيتروجيني الموجب Positive nitrogen balance: تحصل هذه الحالة اذا كانت كمية الاحماض الامينية والبروتينات الداخلة للجسم عن طريق الغذاء اكبر من كمية النيتروجين المطروح والمتحلل خارج الجسم . وتحصل هذه الحالة في اوقات النمو عند الاطفال وكذلك عند النساء اثناء الحمل.

التوازن النيتروجيني السالب Negative nitrogen balance: تحصل هذه الحالة اذا كانت كمية الاحماض الامينية والبروتينات الداخلة للجسم عن طريق الغذاء اقل من كمية النيتروجين المطروح والمتحلل خارج الجسم وتحصل هذه الحالة في حالات الشيخوخة وامراض الجهاز الهضمي.

عمليات البناء:

- تستخدم الاحماض الامينية (عمليات بناء) الناتجة من الهضم كمواد اولية لبناء البروتينات المختلفة في الجسم او لبناء سكر الكلوكوز من مصدر غير كربوهيدراتي او لتصنيع الكليسرول.

عمليات الهدم:

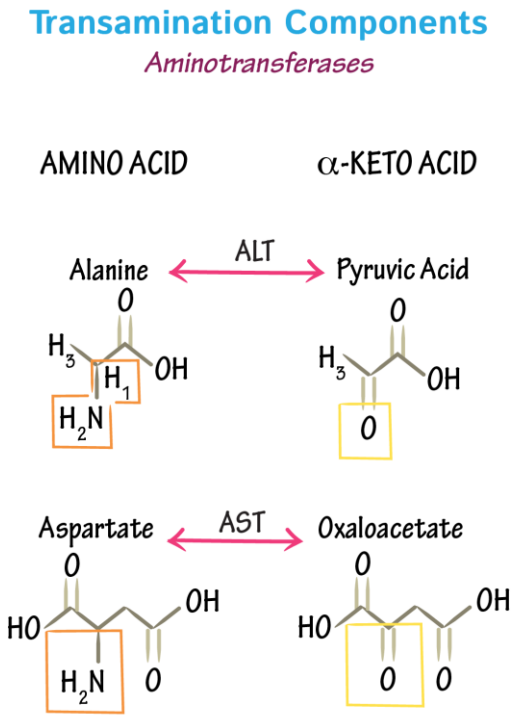
- تتأكسد الاحماض الامينية (عمليات هدم) الناتجة من الهضم لانتاج الطاقة عند تناول كميه كبيرة منها أو عند الامتناع عن الاكل أو في حالة الاصابة بمرض السكري.
- في هذه العملية يتأكسد الهيكل الكاربوني في الحامض الاميني الى ثاني اوكسيد الكاربون وماء وتحول مجموعات الامين الى يوريا ومركبات نيتروجينية أخرى.
- تتم عملية أكسدة الأحماض الأمينية في الكبد وبصورة اقل في الكليتين.

- **هنالك ثلاثة تفاعلات عامة مسؤولة عن أكسدة الأحماض الأمينية هي تفاعلات المجموعة الأمينية و التي تفاعلات مجموعة الكربوكسيل وتفاعلات مجموعة الميثيل.**

أ. تفاعلات المجموعة الأمينية:

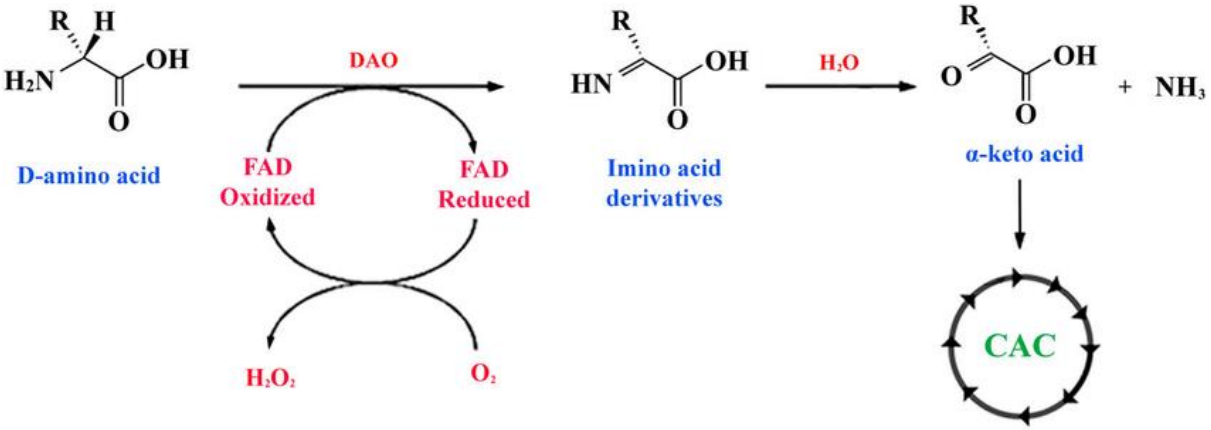
1. تفاعل نقل مجموعة الامين Transamination

وهي العملية الرئيسية لنزع مجموعة الامين من الاحماض الامينية وتحصل من خلال الانتقال العكسي لمجموعة الامين من الحامض الاميني الى الحامض الكيتوني وتحصل هذه العملية في سايتوبلازم و ميتوكوندريا خلايا الكبد ويتم تحفيزها بواسطة إنزيمات تسمى aminotransferase أو transaminases **ان جميع الاحماض الامينية يمكن ان تشارك في هذا النوع من التفاعلات ماعدا Ser , Thr , Pro , Lys**



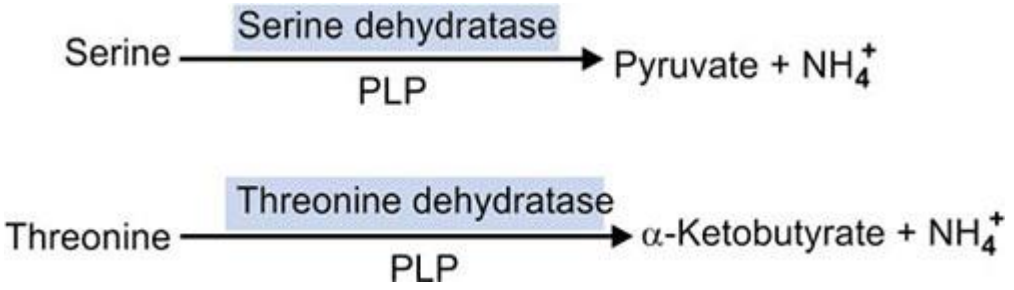
2. تفاعل السحب التأكسدي لمجموعة الامين Oxidative Deamination

في هذا التفاعل يتم سحب مجموعة الامين مع الاكسدة من الحامض الاميني ليتحول الى الفا كيتو اسد بوجود انزيمات متخصصة يحصل التفاعل في ميتوكوندريا خلايا الكبد.



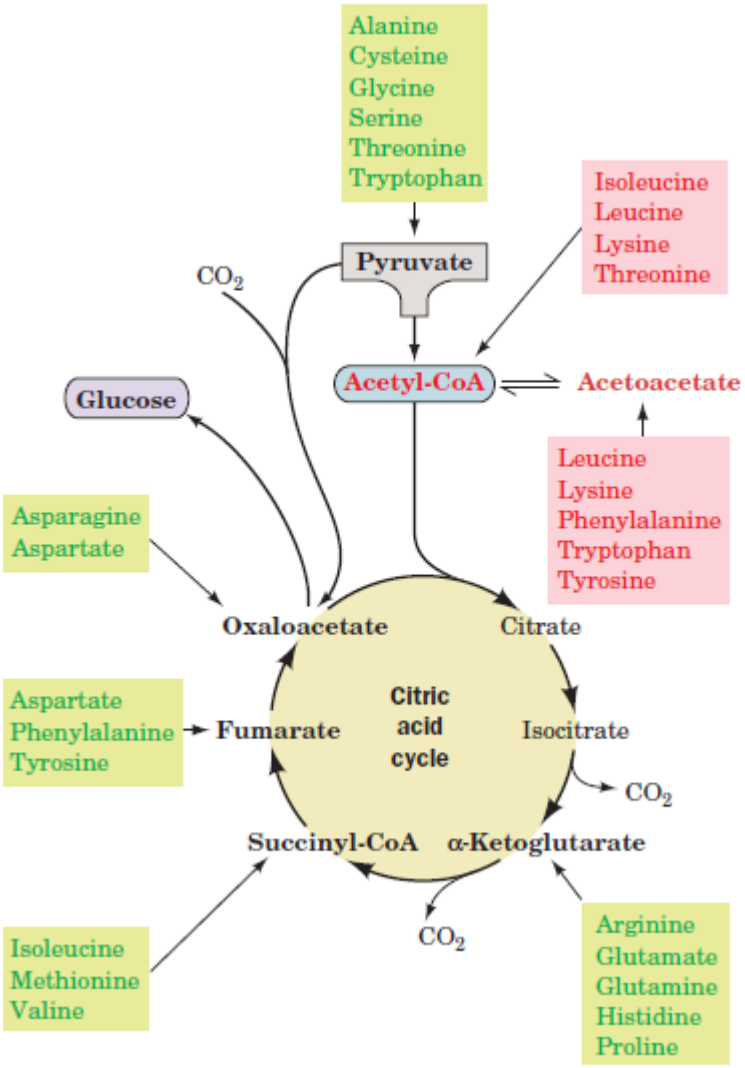
3. تفاعل السحب غير التأكسدي لمجموعة الامين Non- Oxidative Deamination

في هذا التفاعل يتم سحب مجموعة الامين من الحامض الاميني ليتحول الى الفا كيتو اسد بوجود انزيمات متخصصة.



المرحلة 2: إنتاج أسيتيل أنزيم أ Acetyl-Coenzyme A Production

المرحلة 3: دورة حامض الستريك Stage 3: The Citric Acid Cycle



المرحلة 4: الفسفرة المؤكسدة Stage 4: Oxidative Phosphorylation

يتم تحويل الطاقة من NADH و $FADH_2$ (التي كانت في الأصل في الغذاء) إلى طاقة كهروكيميائية داخل الميتوكوندريا. (وكما تم توضيحه في ايض الكاربوهيدرات).

حيث كل NADH = 3ATP و كل $FADH_2$ = 2ATP