**جامعة تكريت / كلية التربية للبنات**

**القسم: الكيمياء**

**المرحلة: الرابعة**

**المادة : الكيمياء الحياتية**

**استاذ المادة : أ.د.اسراء اسماعيل ياسين الطائي**

altaiiasr@tu.edu.iq

# البروتينات

يمكن تلخيص عملية الهضم البروتينات بالجهاز الهضمى كالاتى:

1. **الفم:** لا يحدث هضم للبروتينات فى الفم لان اللعاب لا يحتوى على انزيمات محللة للبروتينات ولكن عملية المضغ تعمل على طحن الغذاء وزيادة المساحة السطحية المعرضة للانزيمات.
2. **المعدة:** عند وصول الطعام الى المعدة يتحفز هرمون Gastrin الذي يحفز افراز HCl و انزيم الببسينوجين ((يبدأ هضم البروتينات جزئيا فى المعدة)) وهو الشكل غير النشط (غير فعال) من قبل خلايا متخصصة في جدار المعدة لانزيم الببسين النشط وعادة يتحول مولد الانزيم بفعل حامض الهيدروكلوريك الموجود فى المعدة الى الصورة النشطة (الببسين) والتى تعمل على تكسير الروابط الببتيدية الطويلة وتحويلها الى ببتيدات قصيرة ويعمل هذا الانزيم على تحلل الاواصر الببتيدية للاحماض الامينية : **التيروسين والفنيل الالنين والتربتوفان** في سلاسل البروتين
3. **الامعاء الدقيقة:** تعد الامعاء الدقيقة الموقع الرئيس التى يتم فيها هضم البروتينات ، تمر البروتينات التى هضمت جزئيا من المعدة الى الامعاء الدقيقة ، فدرجة الحامضية الواطئة تحفز افرازهرمون Secretin والذي يحفز البنكرياس لافراز البيكاربونات الى الامعاء الدقيقة وبذلك ترتفع درجة PH من 1.5-2.5 الى حوالي 7 ((الوسط القلوى والذى عمل على معادلة حموضة المعدة ))

**تُفرز الانزيمات التالية المحللة للبروتين من البنكرياس بهيئة غير فعالة وبعد دخولها الامعاء تتحول الى الهيئة الفعالة:**

1. انزيم التربسينوجينTrypsinogen: وهو المولد غير نشط لانزيم التربسين الذى يعمل على تكسير الروابط الببتيدية لكل من ارجينين ولايسين
2. كيموتربسينوجينChymotrypsnogen: وهو المولد غير نشط لانزيم كيموتربسين النشط ويعمل على تكسيرالروابط الببتيدية للتربتوفان والفنيل الالنين والتيروسين.

3.بروكربوكسى ببتايديز carboxypeptidase: وهو المولد غير نشط لانزيم كربوكسى ببتيديز النشط ويعمل على تكسير الروابط الببتيدية الصغيرة الناتجة ، اذ يعمل على تحلل الاواصر الببتيدية للاحماض الامينية من النهاية الكاربوكسيلية لسلسة متعدد الببتيد بصورة متعاقبة.

4. امينو ببتايديز aminopeptidase: يعمل على تحلل الاواصر الببتيدية للاحماض الامينية من النهاية الامينية لسلسة متعدد الببتيد .والانزيمات السابقة يفرزها البنكرياس وتعمل مع الببسين على تحليل حوالى 30% احماض امينية حرة و70% الى ببتيدات الصغيرة

- تهضم الببتيدات الصغيرة بواسطة انزيمات تفرزها الامعاء الدقيقة التالية:

- **داى ببتايديز dipeptidase**: وهو عبارة عن انزيم تفرزه تلافيف الامعاء الدقيقة وتعمل على تكسير الروابط البيبتدية الثنائية الى مكونتها من الاحماض الامينية
- يوجد انزيمان آخران فى سيتوبلازم خلايا الامعاء الدقيقة هما **ثنائى ببتيديز و ثلاثى ببتيديز** ويعملان على تحليل البيبتيدات الثنائية والثلاثية الى احماض امينية .

**امتصاص الاحماض الامينية:**

- يمتص الجزء الاكبر من البروتينات في صورة احماض امينية من خلال جدار الامعاء الدقيقة بطريقة الانتشار او بطريقة النقل الفعال وبعدها تنتقل الاحماض الامينية عن طريق الدم الى الكبد (العضو الرئيس لتمثيل الاحماض الامينية) .
- اما الببتيدات القصيرة (الثنائية والثلاثية) الموجودة في تجويف الامعاء فانه يتم امتصاصها من خلال جدار الامعاء الدقيقة.
- تنتقل الاحماض الامينية الممتصة مباشرة عن طريق الوريد البابي الى الكبد ومنه الى الدورة الدموية التي توزعها الى انسجة الجسم المختلفة لاستخدمها في بناء البروتينات اللازمة للنمو وصيانة الانسجة وتكوين الهرمونات.

**مصير الأحماض الامينية بعد امتصاصها**

- يتم تخزين الأحماض الأمينية بعد امتصاصها في الأنسجة ويتم تخزين 80% منها في الكبد.
- تتجمع الأحماض الأمينية الممتصة من الأمعاء مع الأحماض الأمينية الناتجة من تكسير بروتينات الجسم مع الأحماض الأمينية التي يصنعها الجسم وتستغل كالتالي:

**1- عملية البناء :**

- تصنيع بروتينات الأنسجة, بروتينات البلازما, الأنزيمات وبعض الهرمونات(ادرينالين و الثيروكسين)
- تصنيع مركبات نيتروجينية مثل القواعد البيورينية والبريمدينية.

**2- عمليات الهدم:**

- يتم تكسير الاحماض الأمينية الى امونيا وهيكل كربوني.
- أكسدة الأحماض الأمينية للحصول على الطاقة أو حصول على كلوكوز.

**ايض البروتينات**

تنتقل نواتج هضم البروتين وهى الاحماض الامينية الحرة بواسطة الوريد البابي الى الكبد ومنه الى الدورة الدموية لتوزعها الى انسجة الجسم المختلفة حيث تستخدم في الاغراض الآتية:

1. تصنيع البروتين
2. انتاج الطاقة
3. تصنيع المركبات النيتروجينية غير البروتينية

وتشمل عملية آيض البروتينات عمليتين رئيسيتين هما: **اولا** : هدم الاحماض الامينية

**ثانيا**: تصنيع البروتينات

**اولا: هدم الاحماض الامينية:**

- يحدث هدم للاحماض الامينية فى الكبد بصورة رئيسية وفى الكليتين بصورة جزئية حيث تتحول مجموعة الامين الى يوريا اما الهيكل الكربونى المتبقى من الحامض الامينى (الاحماض الكيتونية) فانه يدخل دورة كربس لإنتاج الطاقة
- تنزع مجموعة الامين من الحامض الامينى بمساعدة انزيم الترانس امينيز الذى يعمل على نقل مجموعة الامين من حامض امينى الى حامض كيتونى اى يحدث تبادل لمجموعتي الامين والكيتون كل محل الآخر بحيث ان مجموعة الامين في الحامض الأميني تنقل الى مركب الفا- كيتوكلوتاريات لتكوين مركبات الكلوتاميت الذى تزال منه مجموعة الامين لإنتاج الامونيا التي تستخدم لتصنيع اليوريا في دورة اليوريا وتسمى نزع مجموعة الامين.

نزع مجموعات الأمين

- **الخطوه الاولى** في عملية انحلال الاحماض الأمينية هي إزاحة مجاميع الالفا امين من الحامض الاميني

1- **نقل مجموعة الامين** تتم عن طريق انزيمات النقل (الترانسفيرايز )

2- **نزع مجموعات الأمين** : تتم أكسدة الحامض الأميني الى الحامض α-كيتو و تتحرر مجموعة الأمين على شكل أمونيا الحامض الناتج من نزع مجموعة الأمين للحامض الأميني يكون مساويا في عدد ذرات الكربون الحامض الأميني لكن الأختلاف في مجموعة الكيتون بدلا من الامين

اما الهيكل الكربونى للحامض الامينى فانه يدخل دورة كربس لإنتاج الطاقة ويمكن تقسيم الاحماض الامينية الى:

- ✓ **احماض امينية جلوكوجينية:** هى الاحماض الامينية التى يهدم هيكلها الكربونى الى احد المركبات التالية: الفا كيتوجلوتاريت – السكسنيل ، الفيومارات – الاكزالواسيتات وهى تسبب زيادة فى تصنيع الجلوكوز وتقدر نسبتها حوالى 58% من وزن البروتين وتتحول الى جلوكوز بعد نزع مجموعة الامين منها

- ✓ **احماض امينية كيتوجينية:** هى الاحماض الامينية التى يهدم هيكلها الكربونى الى استيل COA او اسيتواستيل COA ولهذا يمكن ان تتحول هذه المركبات الى احماض دهنية او اجسام كيتونية وتسبب فى زيادتها وتدخل دورة كربس من مواقع مختلفة حسب الاحماض الامينية التى اشتقت منها وتقدر نسبتها 45% من وزن البروتين.

**مصير الأمونيا المزاحة من الأحماض الامينية:** في معظم الأنسجة , تتحول الامونيا السامة الى مادة غير سامة:

- يتم تحويل الامونيا الى يوريا:

1- يرتبط الحامض الاميني الجلوتاميك مع الامونيا بوجود انزيم جلوتامين سنثيسيز وتكوين جلوتامين

- الحامض الاميني جلوتامين ينتقل بالدم الى الكلية ، يفقد مجموعة الأمين بصورة أمونيا عن طريق الجلوتامينيز
- ايون الأمونيا يدخل الى البول

**2. تحويلها الى يوريا**

**دورة اليوريا:** يتخلص الجسم من النيتروجين الناتج من هدم الاحماض الامينية بصورة امونيا عن طريق البول فى دورة اليوريا وذلك لان الامونيا سامة جدا للجسم.

- يعد الكبد هو العضو الرئيس لتصنيع اليوريا لهذا فان حدوث اضطراب او ضعف فى وظائف الكبد يؤدى الى دخول الامونيا الى الدورة الدموية وتراكمها في انسجة الجسم بتركيزات عالية وسامة مما يسبب تأثيرات ضارة على الجهاز العصبي
- دورة اليوريا: من هذا الاسم يتضح انها عملية تدور بشكل دائري لكن هناك نقطة بداية لدخول ايون الامونيا و نقطة لخروج اليوريا
- نقطة دخول ايون الامونيا هي نقطة البداية
- نقطه خروج اليوريا هي نقطة النهاية

**يمكن تلخيص دورة اليوربا فى الخطوات الاتية:**

- تتحد الامونيا مع ثانى اوكسيد الكربون الناتج من اكسدة العناصر الغذائية فى دورة كربس فى وجود ATP لتكوين فوسفات الكربامايل بمساعدة انزيم سنثيتيز فوسفات الكربامايل
- يتكثف الاورنثين مع فوسفات الكربامايل لتبدأ دورة اليوريا بتكوين مركب السترولين
- يتحد السترولين مع جزئ امونيا آخر مصدره حامض الاسبارتك لتكوين ارجينوسكسينات الذى ينقسم الى ارجينين وفيوماريت بمساعدة انزيم ارجينوسكسينيز

- ينقسم الارجينين بعد ذلك بفعل انزيم الارجينيز الى جزيئة يوريا وجزيئة اورنيثين الذى يعاد استخدامه فى دورة جديدة
- تتكون اليوريا من ذرة كربون مصدرها ثانى اوكسيد الكربون وذرتين نيتروجين احدهما مصدرها جزيئة الامونيا والآخرى مصدرها حامض الاسبارتك
- تنقسم الى مرحلتين
- في الميتوكوندريا و السيتوبلازم

**1- الميتوكوندريا:** تحتوي على خطوتين بأنزيمين (الكربوميل فوسفيت سينثيز) (الأورنثين ترانسكاربوميليز)

تبدأ باستخدام الأمونيا الطليقة مع البيكربونات (موجوده بالدم) لتكوين الكاربميل فوسفيت عن طريق الانزيم الكربوميل فوسفيت سينثيز

الكاربميل فوسفيت يمنح مجموعه الكاربميل على الأورنثين لتكوين السترولين والفوسفيت عن طريق الأورنثين ترانسكاربوميليز)

**2- مرحلة في السيتوبلازم**

- ينتقل السيترولين الى السيتوبلازم و تتكاثف بعد ذلك مجموعة الامين للاسبارتيت لتكوين الارجنينوسكسينيت في وجود انزيم ارجنينوسكسينيت سنثيسيز.
- ينشطر بعد ذلك الارجينوسكسينيت بواسطة ارجينوسكسينيز الى ارجينين و فيوماريت
- يعود الفيوماريت(الهيكل الكربوني من الأسبارتيت) ينتقل بعد ذلك الى دورة الحامض ثلاثي الكربوكسيل
- و يعمل بعد ذلك على اغلاق الدورة من الارجينين ينقسم الى اليوريا (تخرج من الجسم عن طريق البول) و اعادة توليد الاورنثين عن طريق انزيم الارجينيز
- المعادلة الاجمالية لدورة اليوريا هي
  - Overall energy requirement:

$$NH_3 + CO_2 + \text{Aspartate} + 3ATP + 2H_2O \rightarrow \text{urea} + \text{Fumarate} + 2\,ADP + 4Pi + AMP$$

  - Overall equation of the urea cycle:

$$2\,NH_3 + CO_2 + 3ATP + H_2O \rightarrow \text{urea} + 2ADP + 4Pi + AMP + 2H$$

- بسبب تحلل البيروفوسفيت المتكون و تحوله الى فوسفات, فان تكوين جزيئية واحدة من اليوريا يحتاج الى 4 اواصر فوسفاتية بطاقة عالية.