

# أيض الأحماض الأمينية

## Amino Acid Metabolism

مقرر 101 كيج

محاضرات رقم 29 - 30

إعداد: أ. عاتكة الشمري

T. Atika AL-Shammari

## هضم البروتينات

### في الفم:

- لا يحدث هضم للمواد البروتينية.

### في المعدة:

- في هذه العملية تُنشط إنزيمات المعدة والأمعاء المسؤولة عن هضم البروتينات حيث تُحول من صورة غير نشطة (زيموجين) إلى صورة نشطة (إنزيم).
- يُوجد ثلاث إنزيمات في المعدة تعمل على تحطيم الروابط الببتيدية في البروتينات لتحويلها إلى ببتيدات، وهي:
  - ✓ الببسين
  - ✓ الرينين
  - ✓ الجيلاتينايز
- بالإضافة إلى هذه الإنزيمات، يُساعد حمض الـ HCl الموجود في المعدة على هضم البروتينات وتحويلها إلى عديد ببتيد حمضي.

## هضم البروتينات

### الببسين (Pepsin):

- يُنشط إنزيم الببسين بواسطة حمض الهيدروكلوريك (HCl) الموجود في المعدة (درجة الـ pH المثلى لعمل هذا الإنزيم تساوي 1.5) ويحول من ببسينوجين إلى ببسين.
- يكسر الببسين الروابط الببتيدية في البروتينات ويحولها إلى عديدة الببتيد.

### الرينين (Rennin):

- يُفرز هذا الإنزيم من خلايا جدار المعدة الداخلي ويعمل على هضم بروتين الحليب في وجود أيونات الكالسيوم وتجيبين الحليب في معدة الأطفال.
- يعمل هذا الإنزيم في وسط متعادل وبالتالي لا يوجد في معدة الكبار بسبب حموضة المعدة ولكن عند الأطفال تكون درجة حموضة المعدة متعادلة.

### الجيلاطينايز (Gelatinase):

- يعمل هذا الإنزيم على هضم بروتين الجيلاتين وتحويله إلى عديد الببتيد.

## هضم البروتينات

### في الإثنى عشر:

- يُستكمل هضم البروتينات بواسطة العصارة البنكرياسية في الإثنى عشر والتي تحتوي على أربع إنزيمات، وهي:
  - ✓ التربسين
  - ✓ الكيموتربسين
  - ✓ الكربوكسي ببتيدايز
  - ✓ الكولاجينايز
- تقوم هذه الإنزيمات بتكسير الرابطة الببتيدية في عدد الببتيدات المختلفة وتحويلها إلى ببتيدات صغيرة (ببتيدات ثلاثية وثنائية) وأحماض أمينية.

## هضم البروتينات

### في الأمعاء الدقيقة:

- يتم هضم البروتين وعديد الببتيد والببتيدات الثلاثية والثنائية وتحويلها إلى الناتج النهائي من الأحماض الأمينية.
- إنزيمات الأمعاء الدقيقة الهاضمة للبروتين هي:
  - ✓ **الأمينوببتيداز:** يعمل على كسر الرابطة الببتيدية الأولى من طرف مجموعة الأمين.
  - ✓ **الدايببتيداز:** يعمل على كسر الرابطة الببتيدية بين ثنائيات الببتيد الناتجة من عمل إنزيم الببسين.

## هضم البروتينات

### إمتصاص الأحماض الأمينية:

- تُمتص الأحماض الأمينية (حيث أنها تذوب في الماء) في الأجزاء العلوية من الأمعاء الدقيقة بواسطة النقل النشط الذي يحتاج إلى طاقة.
- تنتقل الأحماض الأمينية بعد إمتصاصها من خلال جدار الأمعاء إلى الدم وتنتقل من خلاله إلى الكبد حيث يُخزن 80% منها في الكبد حتى يحتاجها الجسم في عملياته المختلفة.

## مصير الأحماض الأمينية

تُستخدم الأحماض الأمينية الناتجة من عملية هضم البروتينات في:

1. تصنيع البروتينات: مثل البروتينات الموجودة في الأنسجة، بروتينات البلازما، والإنزيمات.
2. تصنيع بعض الهرمونات: مثل هورمون الإنسولين.
3. بناء المركبات النيتروجينية: مثل القواعد النيتروجينية في الأحماض النووية، الكرياتين، الجلوتاثيون، وبعض الناقلات العصبية.
4. أكسدة الأحماض الأمينية للحصول على الطاقة أو تحويلها إلى جلوكوز أو أحماض دهنية.
5. يتم تكسيرها إلى أمونيا وهيكل كربوني ليستفيد منها الجسم في عمليات أيضية أخرى.

## أيض الأحماض الأمينية

### عمليات البناء:

- تُستخدم الأحماض الأمينية كمواد أولية لبناء البروتينات المختلفة.
- تُستخدم لبناء سكر الجلوكوز من مصدر غير كربوهيدراتي.

### عمليات الهدم:

- تتأكسد الأحماض الأمينية لإنتاج الطاقة عند تناول كمية كبيرة منها أو عند الإمتناع عن الأكل أو في حالة الإصابة بمرض السكر.
- في هذه العملية يتأكسد الهيكل الكربوني في الحمض الأميني إلى ثاني أكسيد الكربون وماء وتحول مجموعات الأمين إلى يوريا أو مركبات نيتروجينية أخرى.
- تتم عملية هدم الأحماض الأمينية في الكبد وبصورة أقل في الكليتين.



## أيض الأحماض الأمينية

### أيض مجموعة الألفا أمين للأحماض الأمينية:

Transamination	تفاعل نقل مجموعة الأمين
Oxidative Deamination	تفاعل النزع التأكسدي لمجموعة الأمين
Non-oxidative Deamination	تفاعل النزع غير التأكسدي لمجموعة الأمين
Decarboxylation	تفاعل نزع مجموعة الكربوكسيل

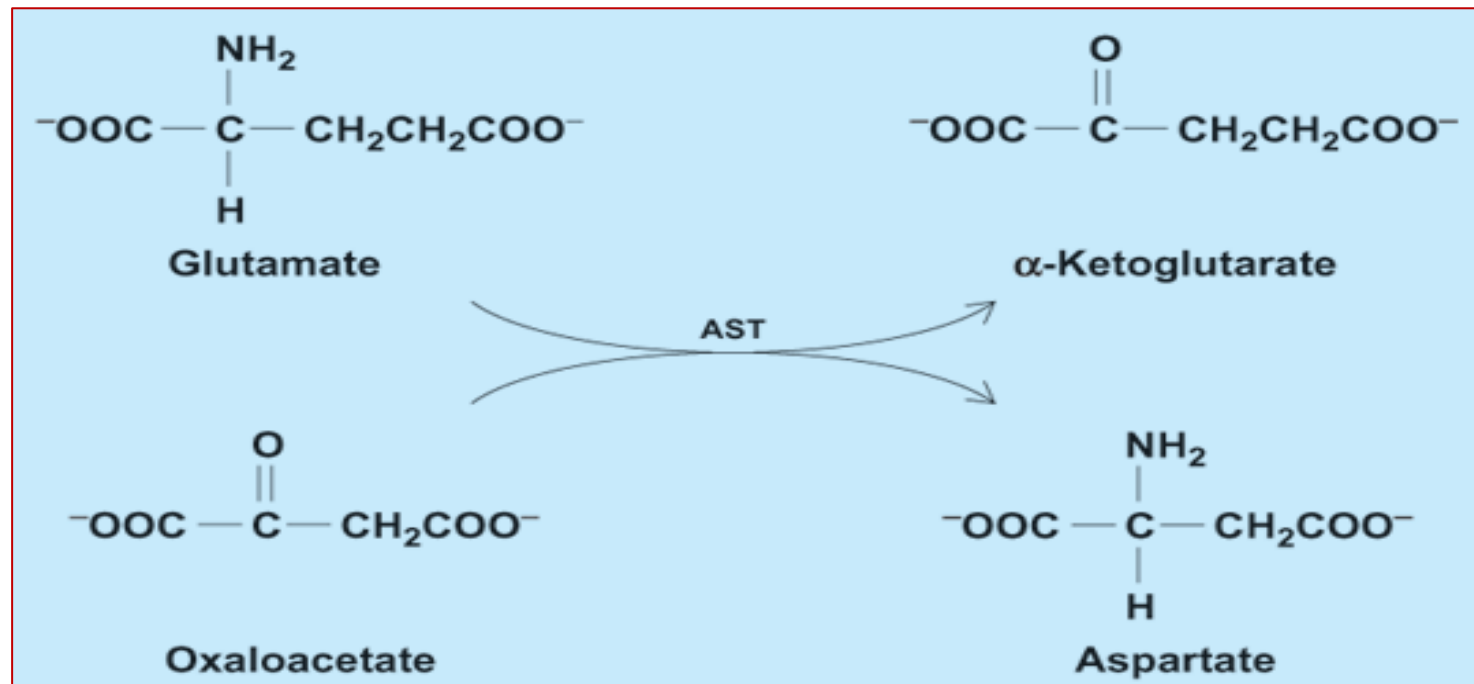
## أيض الأحماض الأمينية

### 1. نقل مجموعة الأمين:

- هي عملية نقل مجموعة الألفا أمين من حمض أميني إلى هيكل حمض كيتوني لتكوين حمض أميني جديد.
- تحدث هذه العملية في سيتوبلازم وميتوكوندريا خلايا الكبد.
- يُحفز هذا التفاعل العكسي بواسطة إنزيم الترانس أميناز (Transaminase) الذي يلعب دوراً هاماً في عملية هدم وبناء الأحماض الأمينية.

# أيض الأحماض الأمينية

## 1. نقل مجموعة الأمين:



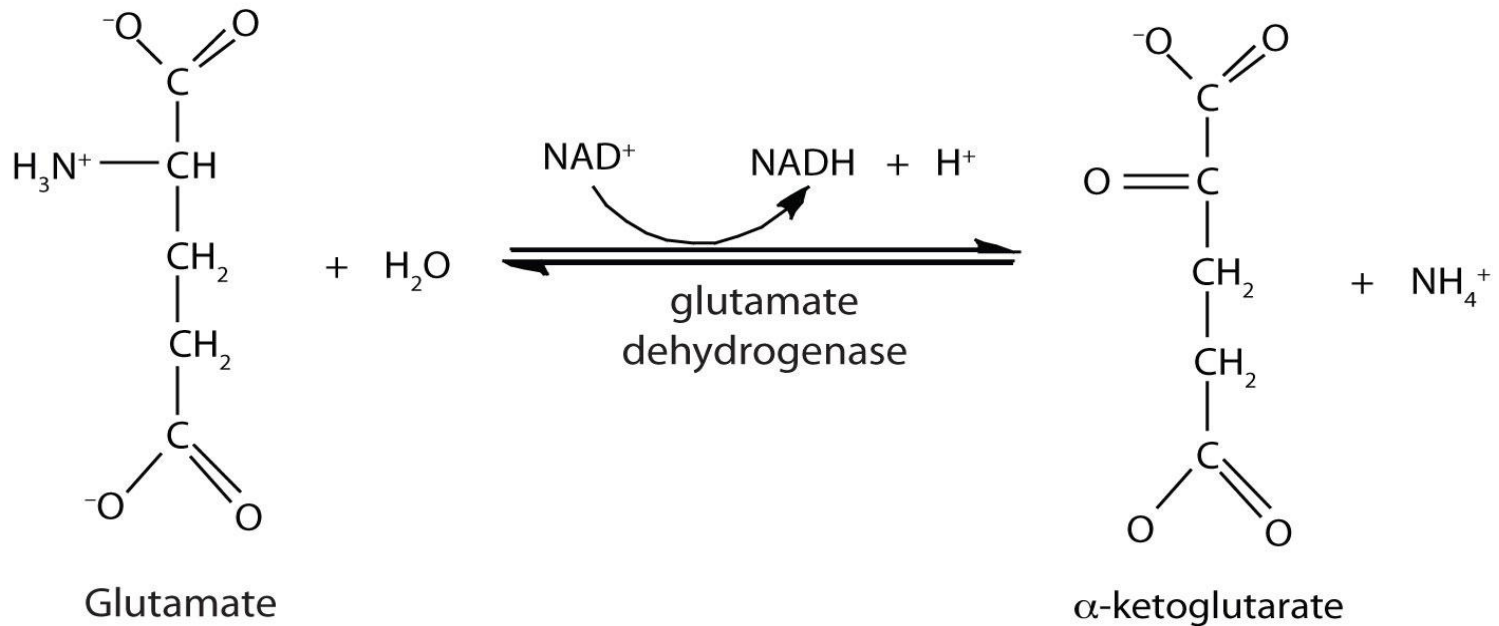
## أيض الأحماض الأمينية

### 2. تفاعل النزع التأكسدي لمجموعة الأمين:

- هي عملية إزالة مجموعة الألفا أمين من الحمض الأميني الجلوتاميت لتبقى السلسلة الكربونية لهذا الحمض.
- تنتقل مجموعة الأمين المنزوعة إلى دورة اليوريا (Urea Cycle)، أما السلسلة الكربونية المتبقية تتحول إلى حمض كيتوني ليتحول بعدها لمركب وسيط يدخل في دورة كربس.
- تحدث هذه العملية في ميتوكوندريا خلايا الكبد.
- يُحفز هذا التفاعل العكسي وفي وجود الـ  $NAD^+$  بواسطة إنزيم الجلوتاميت ديهيدروجينيز (Glutamate Dehydrogenase) الذي يلعب دوراً هاماً في عملية تنظيم مستوى الطاقة في الخلية.

## أيض الأحماض الأمينية

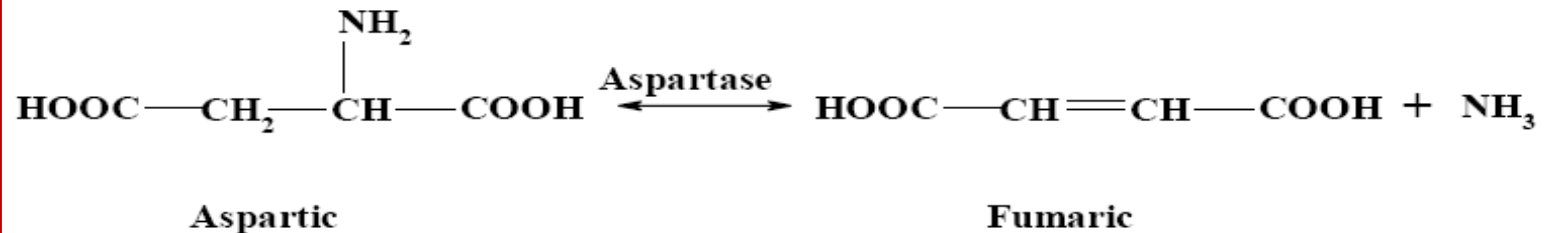
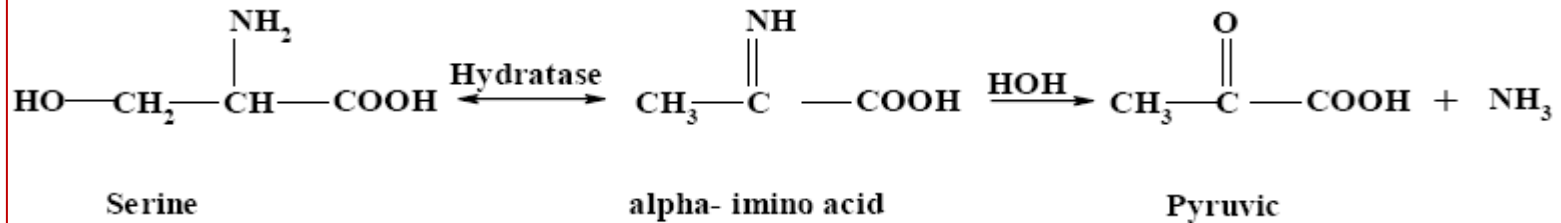
### 2. تفاعل النزع التأكسدي لمجموعة الأمين:



## أيض الأحماض الأمينية

### 3. تفاعل النزع غير التأكسدي لمجموعة الأمين:

هي عملية إزالة مجموعة الألفا أمين من الحمض الأميني مشبعة بواسطة إنزيمات ألفا دي أمينيز (deaminases) ليعطي الأمونيا والأحماض الغير مشبعة.



## أيض الأحماض الأمينية

### 4. تفاعل نزع مجموعة الكربوكسيل:

- يحفز تلك التفاعلات إنزيمات دي كربوكسيليز (decarboxylase)
- ينتج من نزع مجموعة الكربوكسيل المرتبطة بذرة الكربون ألفا إلى تكوين مركبات ذات أهمية كبيرة.

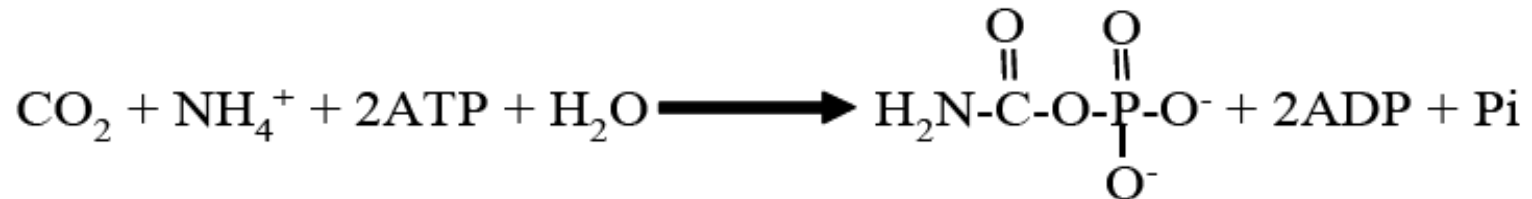
مثال:

- ✓ يتم إنتاج مركب الهيستامين بواسطة نزع مجموعة الألفا كربوكسيل من الحمض الأميني الهيستيدين.
- ✓ يتم إنتاج مركب الجاما أمينو بيوتريك (ناقل عصبي) بواسطة نزع مجموعة الألفا كربوكسيل من الحمض الأميني الجلوتاميك.
- ✓ يتم إنتاج مركب السيروتونين (ناقل عصبي) بواسطة نزع مجموعة الألفا كربوكسيل من الحمض الأميني التريبتوفان.

## دورة اليوريا

### التفاعل الأول:

- يتم هذا التفاعل في الميتوكوندريا ويكون مركب الكربوميل فوسفات (Carbamyl Phosphate) من إتحاد الأمونيا (من الجلوتاميت) مع ثاني أكسيد الكربون (من سلسلة التنفس في دورة كربس) + ماء + 2ATP.
- يُحفز هذا التفاعل إنزيم الكارباميل فوسفيت سينثيز-1 (Carbamyl Phosphate Synthase 1).

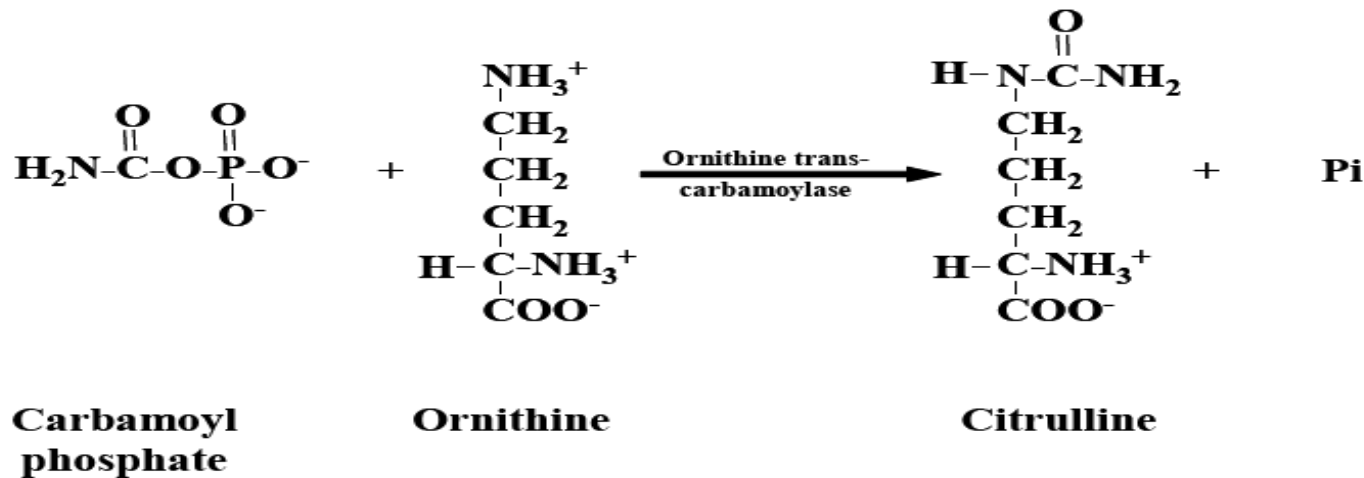




## دورة اليوريا

### التفاعل الثاني:

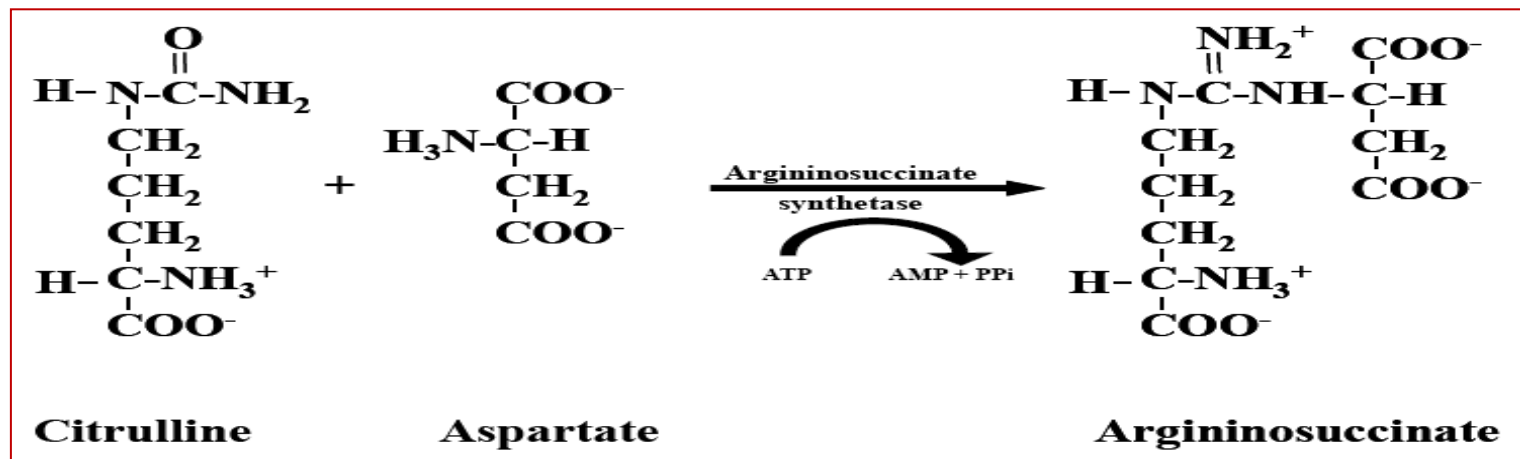
- يتم هذا التفاعل في الميتوكوندريا حيث يُحفز إنزيم أورنيثين ترانزكارباميليز (Ornithine Transcarbamylase) نقل مجموعة الكرباميل إلى مركب الأورنيثين لتعطي السترولين.



## دورة اليوريا

### التفاعل الثالث:

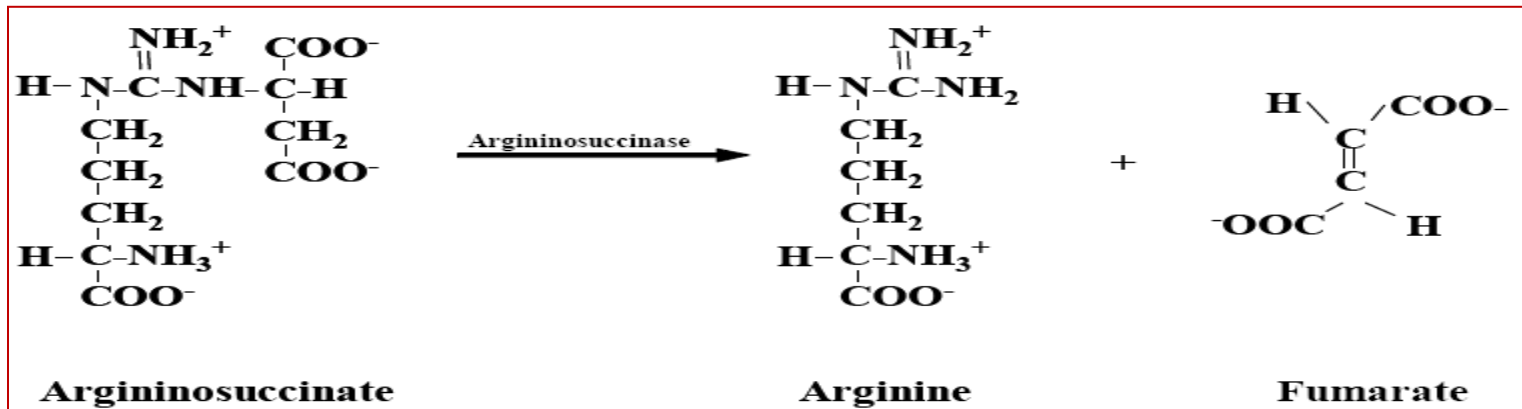
يتم هذا التفاعل في السيتوبلازم حيث يُحفز إنزيم الأرجينينوسكسينيت سينثيز (Argininosuccinate Synthetase) اندماج مركب السترولين مع الحمض الأميني الأسبارتيت (بالتالي إضافة مجموعة الأمين الثانية المكونة لليوريا) ليعطي مركب الأرجينينوسكسينيت.



## دورة اليوريا

### التفاعل الرابع:

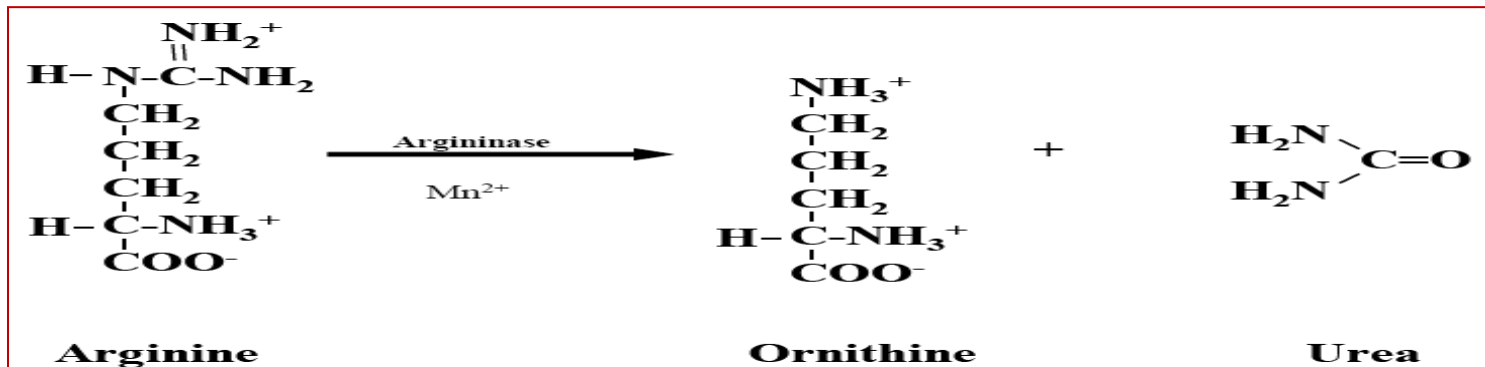
- يتم هذا التفاعل في السيتوبلازم حيث يحفز إنزيم الأرجينينوسكسينيت لاييز (Argininosuccinate Layase) تحلل مركب الأرجينينوسكسينيت وتكوين الحمض الأميني الأرجين والفيوماريت.
- يتحول الفيوماريت إلى الأكسالوأسيتيت الذي يتحول بدوره إلى الأسبارتيت.



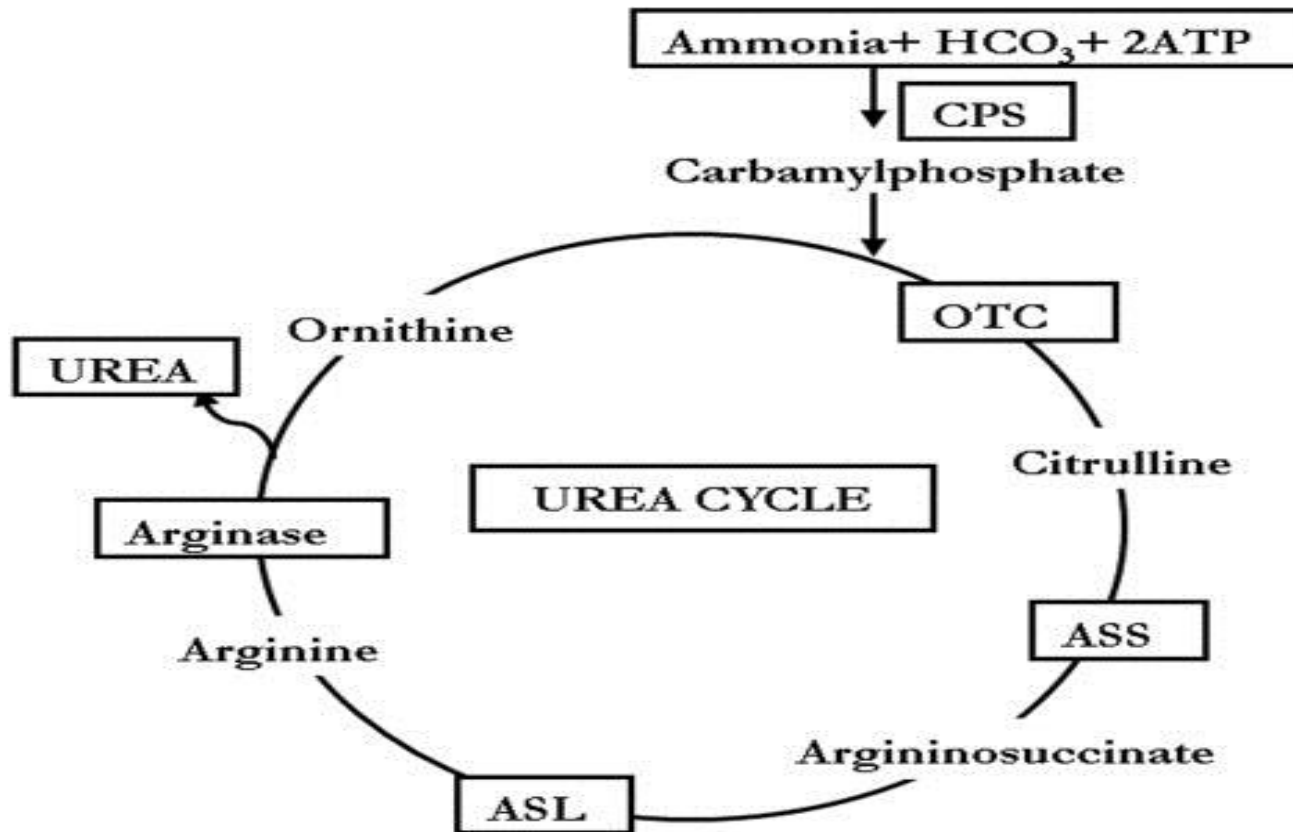
## دورة اليوريا

### التفاعل الخامس:

- يتم هذا التفاعل في الميتوكوندريا حيث يُحفز إنزيم الأرجينيز (Arginase) تحلل الحمض الأميني الأرجين إلى يوريا والأورنيثين.
- هذا الإنزيم لا يوجد إلا في الكبد، أي أن الكبد هو العضو الوحيد القادر على تكوين اليوريا والتي تنتقل بعد تصنيعها في الكبد إلى الكلية (عن طريق الدم) للتخلص منها بواسطة تكوين البول.



## دورة اليوريا



## أيض الأحماض الأمينية

### أيض السلاسل الكربونية للأحماض الأمينية:

- فبعد إزالة النيتروجين (مجموعة الأمين) من الأحماض الأمينية عن طريق دورة اليوريا، تتفاعل السلاسل الكربونية الخاصة بالأحماض الأمينية كمركبات وسيطة تدخل في:
  - ✓ تصنيع سكر الجلوكوز.
  - ✓ تحول إلى أسيتيل المرفق الإنزيمي أ حيث تتأكسد في دورة كربس.
  - ✓ يُصنع منها الأجسام الكيتونية.
  - ✓ تدخل في تصنيع المركبات الخاصة بدورة كربس.
- تتحلل السلاسل الكربونية للأحماض الأمينية لتعطي سبعة مركبات وسيطة وهي: الأوكسالوأسيتيت، الفيومارات، ساكسينيل كو أ، الألفا كيتوجلوتاريت، الأسيتيل كو أ، الأسيتوأسيتيل كو أ والبيروفيت.

## أيض الأحماض الأمينية

**أيض السلاسل الكربونية للأحماض الأمينية:**

**الأحماض الأمينية الجليكوجينية (Glucogenic amino acids):**

هي 18 حمضاً أمينياً حيث تتأين سلاسلها الكربونية إلى بيروفيت ومركبات دورة كربس (ألفا كيتو جلوتارات، سكسينيل كو أ، فيومارات، أوكسالو أسيتات) ممكن أن تتحول إلى جلوكوز

**الأحماض الأمينية الكيتوجينية (Ketogenic amino acids):**

هي 7 أحماض أمينية حيث تتأين سلاسلها الكربونية إلى الأسيتيل كو أ و الأسيتوأسيتيل كو أ.

**الأحماض الأمينية الجليكوجينية الكيتوجينية (Glucogenic ketogenic amino acids):**

هي التي تتأين سلاسلها الكربونية لكلا المسارين وعددها 5 أحماض أمينية وهي: أيزوليوسن، ثريونين، تريبتوفان، فينيل ألانين و تايروسين.

*Do you have any  
question???*