## المجال التعلمي I: التخصص الوظيفي للبروتين
## الوحدة التعلمية 2:العلاقة بين بنيية البروتين وتخصصه الوظيفي

## الحصة التعلمية 1:العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين

**-تذكير بالمكتسبات**

-يتم تركيب البروتين في الخلية انطلاقا من المعلومة الوراثية المتواجدة في النواة.

-البروتينات عبارة عن تسلسلعدد نوع وترتيب أحماض أمينية.

-تأخذ البروتينات بعد تركيبها على مستوى البوليزوم بنيات فراغية محددة تسمح لها بأداء وظيفتها داخل أو خارج الخلية، حيث أن لكل بروتين وظيفة بيولوجية خاصة به.

### I- مستويات البنية الفراغية لبعض البروتينات

#### 1- تمثيل البنية الفراغية للبروتينات

الوثائق 1-2-3 ص 40-41

**نتيجة:**

-يمكن تمثيل الجزيئات البسيطة (الأحماض الأمينية) بعدة نماذج منها: نموذج الكرة (المكدس)، نموذج العود ونموذج الكرة والعود.

-يمكن تمثيل الجزيئات الكبيرة (البروتينات)بإستعمال نموذج العود، الكرة والعود، الكرة(المكدس)، بالإضافة إلى النموذج الشريطي والشريط السميك حيث تمثل البنيات الثانوية:a بلون أحمر،b بلون أصفر أو أزرق، مناطق الإنعطاف بلون أبيض، مما يسمح لنا بمقارنة البنيات الفراغية للبروتين.

-يمكن إستعمال برنامج محاكاة لدراسة بنية البروتينات مثل rastop أوrasmolحيث يسمح لنا ب:

-تغيير طريقة التمثيل(النموذج)، إستعمال نموذجين في آن واحد.

-دراسة بنية البروتين وتحديد البنيات الثانوية وعددها.

-معرفة عدد نوع وتتابع الأحماض الأمينية وموقعها في السلسلة البيبتيديةوعلاقتها بالبنية الفراغية.

-تحديد الموقع الفعال وطريقة إرتباط البروتين أو الأنزيم بمادة التفاعل.

#### 2-مستويات البنية الفراغية للبروتينات

الوثائق 1-2-3-4 ص 42-43-44

**نتيجة:**

نميز أربع مستويات من البنية الفراغية للبروتينات هي:

ا-البنية الأولية هي تتابع (تسلسل خطي) الأحماض الأمينية مرتبطة بروابط ببتيدية لتكوين سلسلة ببتيدية.

ب-البنية الثانوية هي إلتفاف السلسلة البيبتيدية ذات البنية الأولية لتكوين بنيات ثانوية في مناطق محددة من السلسلة البيبتيدية، ونميز نوعين من الأشكال:

-البنية الحلزونية a وهي إلتفاف السلسلة البيبتيدية في مناطق محددة لتأخذ الشكل الحلزوني.

-البنية الثانوية B وهي إلتفاف السلسلة البيبتيدية في مناطق محددة لتأخذ شكل الوريقات المطوية.

-بالإضافة إلى البنيات a وBنلاحظوجود مناطق ليس لها أشكال فراغية محددة (مناطق بينية) هي التي تسمح للسلسلة البيبتيدية بأن تأخذ البنية الثالثية.

-تحافظ البنيات الثانوية على تماسكها بواسطة:

-روابط هيدروجينية بين مجموعة COوNHللروابط البيبتيدية.

ج-البنية الثالثية هي إنطواء السلسلة البيبتيدية ذات البنية الثانوية المحتوية على عدد من البنيات الثانوية والمناطق البينية، يحدث الإنطواء في مستوى المناطق البينية لذلك يطلق عليها اسم مناطق الإنعطاف، تمثل هذه المناطق مفاصل تسمح للسلسلة البيبتيدية بالإنطواء لتاخذ بنية ثالثية محددة.

-قد تحتوي البنية الثالثية على بنيات حلزونيةa فقط أو وريقاتB فقط أو خليط من بنيات Bوa بنسب وتوزيع مختلف من بروتين لآخر.

-تحافظ البنية الثالثية على إستقرارها بوجود 4 أنواع من الروابط:

1-الروابط الهيدروجينية بين الوظائف الكيميائية للجذور R (ضعيفة تنشأ بين O-H)

2-الروابط الملحية(الشاردية)بين المجموعات الكيميائية السالبة والموجبة في الجذورR (ضعيفة تنشأ بين COO–NH)

3-تداخل(تجاذب)الجذور الكارهة للماء (ضعيفة تنشأ بين جذور CH3)

4-الجسور الكبريتية الناتجة بين جذرين لحمضين أمينيين من نوع cys (قوية تنشأ بين حمضين أمينيين لهما عنصر S – S )

د-البنية الرابعية هي تجمع لسلسلتين ببتيديتين أو أكثر لكل منهما بنية ثالثية، وتسمى كل سلسلة ببتيدية ضمن البنية الرابعية بتحت الوحدة.

-ترتبط تحت الوحدات فيما بينها بروابط ضعيفة عادة مثل الروابط الهيدروجينية والكارهة للماء والشاردية.

#### ه-مستويات البنية الفراغية للبروتينات والعلاقة بينها

الوثيقتين 5-6 ص 45

**نتيجة:**

-تتمثل مستويات البنية الفراغية للبروتينات في بنيات أولية، ثانوية، ثالثية ورابعية حيث تتدخل الأحماض الأمينية المشكلة للبروتين حسب ترتيبها، نوعها، عددها ووظيفتها في اكتساب هذه البنية.

#### 3- نماذج جزيئية لبنيات فراغية لبعض البروتينات الوظيفية (أنزيمات، هرمونات...) باستعمال مبرمج محاكاة rastop

الوثيقة 1 ص 46

**-المقارنة:**

-الأنسولين=بسيطة=سلسلتين=3بنيات@

-الليزوزيم=بسيطة=سلسلة واحدة=@+B 8-10 بنيات

-الميوغلوبين=متوسطة التعقيد=سلسلة واحدة=@ 8-10بنيات

-الهيموغلوبين= معقدة=4 سلاسل=@+B أكثر من 10 بنيات

**-معايير المقارنة:**

-درجة التعقيد: بسيطة (الأنسولين) معقدة (مثل الهيموغلوبين) متوسطة التعقيد (الليزوزيم والميوغلوبين)

-عدد السلاسل: واحدة (ميوغلوبين وليزوزيم)، سلسلتان (الأنسولين)، 4 سلاسل (الهيموغلوبين)

-أنواع البنيات: الحلزونية(باللون الأحمر) أو وريقات باللون الأصفر ومناطق الإنعطاف (أبيض – أزرق)

-عدد البنيات: 3 فقط في الأنسولين، حوالي 8-10 في الليزوزيم والميوغلوبين، أكثر من 10 في الهيموغلوبين (حوالي 32) (لا يمكن الوصول إلى تحديد العدد إلا إذا تم استخدام برنامج rastop أوrasmol).

-أنواع الروابط:كبريتية-هيدروجينية-شاردية-تجاذب الجذور الكارهة للماء.

**نتيجة:**

-تختلف هذه البروتينات في البنية الفراغية حسب درجة تعقيدها.

## II- خصائص الاحماض الامينية

### 1- الصيغة الكيميائية العامة للاحماض الامينية تبين المجموعات الكيميائية المشتركة بين الأحماض الأمينية

الوثيقة 2 ص 47

**نتيجة:**

- الأحماض الأمينية مركبات عضوية بسيطة مكونة من:
- وظيفة حمضية (كربوكسيلية) COOH
- وظيفة أمينية NH2

مرتبطتان بذرة الكربون C والتي ترتبط بجذر R (الكيلي)

$$NH_2 - \underset{R}{\overset{H}{C}} - COOH$$

### 2- الصيغة المفصلة للأحماض الأمينية العشرون، تبين الجزء المتغير (الجذر R) لكل منها

الوثيقة 3 ص 47

$$N - \underset{R\ H}{\overset{H\quad O\ H}{C - C - OH}}$$

**نتيجة:**

يدخل في تركيب البروتينات 20 حمضا أمينيا أساسيا، وتصنف حسب السلسلة الجانبية (الجزء المتغير = الجذر R) إلى:

- أحماض أمينية قاعدية تحتوي على وظيفة NH2 إضافية في الجذر وهي: Lys – Arg – His
- أحماض أمينية حمضية تحتوي على وظيفة COOH إضافية في الجذر وهي: Glu – Asp
- أحماض أمينية متعادلة

-لا تحتوي على وظيفة حمضية أو قاعدية إضافية في الجذر وهي: Gly (وباقي الأحماض الأمينية الأخرى)

-تحتوي على وظيفتين امينية وحمضية إضافية في الجذر

-الأحماض الأمينية المتعادلة منها:

الأميدات،الكبريتية،الكحولية،العطرية، والأليفاتية.

### 3- نتائج الرحلان الكهربائي للأحماض الأمينية في أوساط ذات قيم ph مختلفة، تبين الخاصية الأمفوتيرية للأحماض الأمينية ويعمم ذلك على البيبتيدات والبروتينات

الوثيقة ص 48

**نتيجة**

- تسلك الأحماض الأمينية سلوك القاعدة (تكتسب+H) في الوسط الحامضي وسلوك الحمض (تفقد )+H في الوسط القاعدي فهي مركبات أمفوتيرية (حمقلية)

**نقطة التعادل الكهربائي (Phi):** هي درجة من PH يكون فيها الحمض الأميني متعادل كهربائيا.

**لكل ح أ pHi خاص به:**-ح أ قاعدي pHi>7

-ح أ حامضي pHi<7

-ح أ متعادل pHi=7

**تختلف شحنة الحمض الأميني حسب PH الوسط:**

- يكون متعادلا كهربائيا: إذا كان PHi=PH (وسط متعادل)
- يكون ذو شحنة سالبة: إذا كان PH<PHi (وسط قاعدي)
- يكون ذو شحنة موجبة: إذا كان PH>PHi (وسط حامضي)

**تتعلق مسافة الهجرة ب:**

-**الشحنة:** -كلما كانت الشحنة أقوى كانت مسافة الهجرة أكبر.

-هناك علاقة طردية بين pH الوسط وpHi الحمض الأميني حيث: كلما زاد الفرقبين pH الوسط وpHi الحمض = زادت شحنة الحمض الأميني = زادت مسافة الهجرة.

-**الوزن الجزيئي:** كلما زاد الوزن الجزيئي نقصت مسافة الهجرة.

-**البنية:** كلما كانت البنية معقدة نقصت مسافة الهجرة.

## III- يبين كيفية تشكيل الرابطة البيبتيدية بين حمضين أمينيين متتاليين باستعمال الصيغة الكيميائية المفصلة لثنائي أو متعدد بيبتيد ومعارفه حول الرابطة التكافؤية.

الوثيقة ص 49

**نتيجة:**

-الرابطة البيبتيدية هي رابطة تكافئية قوية تتشكل بين الوظيفة الكربوكسيلية(الحمضية) للحمض الاميني 1 والوظيفة الأمينية للحمض الأميني 2 وتتحرر جزيئة ماء ويسمى المركب الناتج ثنائي بيبتيد.

-تحتوي السلاسل البيبتيدية في بدايتها على وظيفة امينية وفي نهايتها على وظيفة حمضية

-تعتمد الخصائص الكهربائية والأمفوتيرية للبيتيدات على الوظيفة الحمضية والأمينية التي تكتسب البروتين الشحنة الموجبة والسالبة.

## VI- نتائج تجربة Anfinsen

الوثيقة 4 ص 50

**نتيجة**

-عدد، نوع وترتيب الأحماض يساهم في تكوين الروابط الكيميائية التي تحدد البنية الفراغية وتحافظ عليها حيث أن:

-وجود أحماض أمينية محددة في أماكن محددة يؤدي إلى تشكل روابط محددة (كبريتية-هيدروجينية-شاردية-تجاذب الجذور الكارهة للماء) بين جذور أأ محددة تحدد البنية الفراغية

-وكذلك الإنطواء في مناطق معينة يسمح كذلك بإنشاء روابط معينة بين جذور احماض امينية معين تساهم في تحديد البنية الفراغية.

-يؤدي تفكيك هذه الروابط باستعمال عوامل فيزيائية مثل الحرارة أو كيميائية مثل الأحماض والقواعد الى: فقد البنية الفراغية وبالتالي يفقد البروتينوظيفته الحيوية

-يمكن للبروتين أن يستعيد بنيته الطبيعية وبالتالي وظيفته الحيوية ويسمى التخريب العكسي(عكوس) وقد لا يستعيد بنيته الطبيعية وبالتالي وظيفته الحيوية ويسمى التخريب في هذه الحالة غير عكسي (غير عكوس).

**-الخلاصة**

- تظهر البروتينات ببُنيات فراغية مختلفة، محددة بعدد وطبيعة وتتالي الأحماض الأمينية التي تدخل في بنائها.
- تتكون جزيئات الأحماض الأمينية من مجموعة وظيفية أمينية قاعدية ($-NH_2$) ومجموعة وظيفية حمضية كربوكسيلية (COOH) مرتبطتان بالكربون α وهما مصدرا الخاصية الأمفوتيرية.
- يوجد عشرون حمضا أمينيا أساسيا تدخل في بنية البروتينات الطبيعية تختلف فيما بينها في السلسلة الجانبية (الجذر R – وجود وظائف قابلة للتأين).
- تسلك الأحماض الأمينية سلوك الأحماض (تعطي بروتونات) وسلوك القواعد (تكتسب بروتونات) وذلك تبعا لدرجة حموضة الوسط لذلك تسمى بالمركبات الأمفوتيرية (الحمقلية).
- ترتبط الأحماض الأمينية المتتالية في سلسلة بيبتيدية بروابط تكافؤية تدعى الرابطة البيبتيدية (CO-NH)
- تختلف البيبتيدات عن بعضها بالقدرة على التفكك الشاردي لسلاسلها الجانبية التي تحدد طبيعتها الأمفوتيرية وخصائصها الكهربائية.
- تتوقف البنية الفراغية وبالتالي التخصص الوظيفي للبروتين، على الروابط التي تنشأ بين أحماض أمينية محددة (جسور ثنائية الكبريت، شاردية...)، ومتموضعة بطريقة دقيقة في السلسلة البيبتيدية حسب الرسالة الوراثية.

**حمض اميني معتدل**

**PHi=7**

الوسط الحامضي ← → الوسط القاعدي

| $NH_3^+-CH(CH_3)-COOH$ | $NH_3^+-CH(CH_3)-COO^-$ | $NH_2-CH(CH_3)-COO^-$ |
|---|---|---|
| 1+ | 0 | 1− |

| 1+ | 0 | 1− |
|---|---|---|

**حمض اميني حامضي**

**PHi<7**

الوسط الحامضي ← → الوسط القاعدي

| $NH_3^+-CH(CH_2COOH)-COOH$ | $NH_3^+-CH(CH_2COOH)-COO^-$ | $NH_2-CH(CH_2COOH)-COO^-$ | $NH_2-CH(CH_2COO^-)-COO^-$ |
|---|---|---|---|
| 1+ | 0 | 1− | 2− |

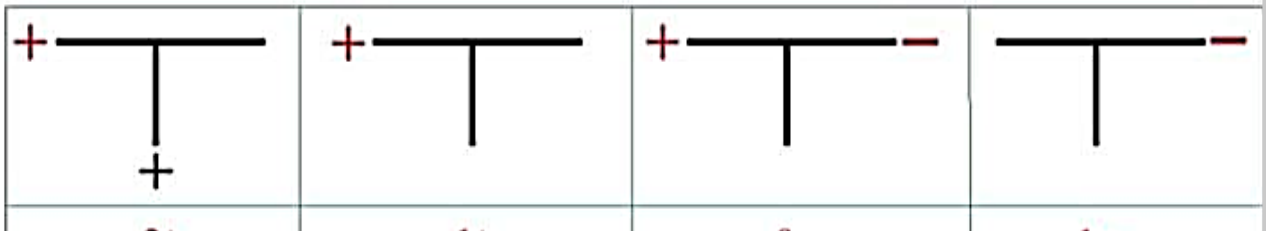
| 1+ | 0 | 1− | 2− |
|---|---|---|---|

**حمض اميني قاعدي**

**Phi>7**

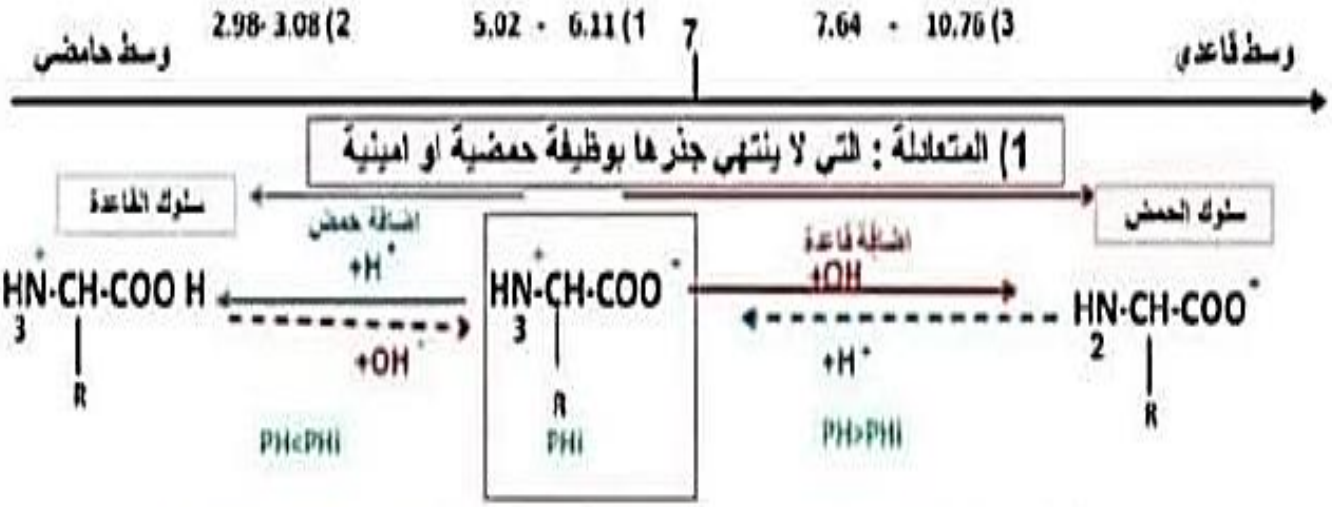
الوسط الحامضي ← → الوسط القاعدي

| $NH_3^+-CH(CH_2NH_3^+)-COOH$ | $NH_3^+-CH(CH_2NH_2)-COOH$ | $NH_3^+-CH(CH_2NH_2)-COO^-$ | $NH_2-CH(CH_2NH_2)-COO^-$ |
|---|---|---|---|
| 2+ | 1+ | 0 | 1− |



| 2+ | 1+ | 0 | 1− |
|---|---|---|---|

تتشرد الاحماض الأمينية في المحاليل و تاخذ شحنة اجمالية حسب PH الوسط كما تتغير الشحنة بتغير PH الوسط ، تسلك سلوك الاحماض (تعطي بروتونات)، و تسلك سلوك القواعد (تكتسب بروتونات) فهي مركبات امفوتيرية (حمقلية)

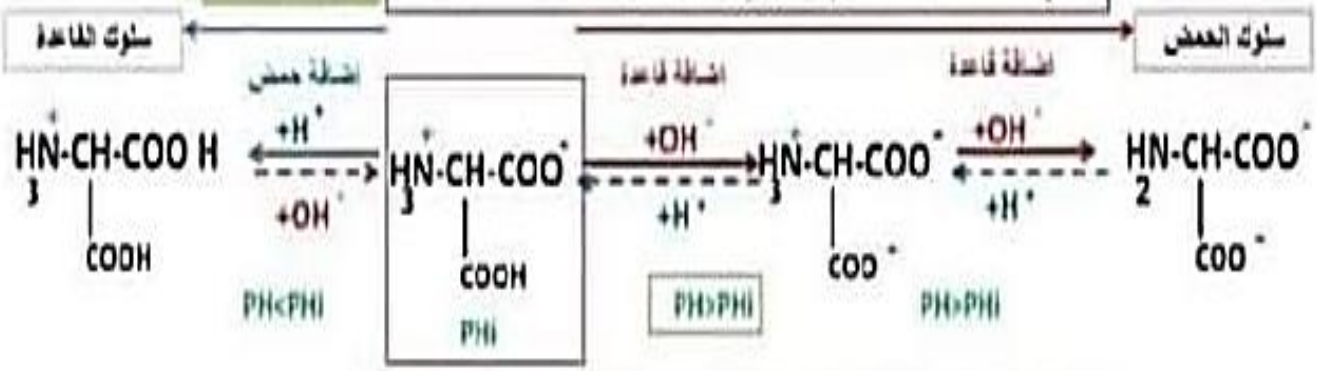



1) المتعادلة : التي لا ينتهي جذرها بوظيفة حمضية او امينية




Glu,Asp

2) الحامضية : التي ينتهي جذرها بوظيفة حمضية .




His

3) القاعدية : التي ينتهي جذرها بوظيفة امينية (قاعدية) .