

ملخص درس العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين

تأخذ البروتينات بعد تركيبها على مستوى الريبوزومات بنيات فراغية محددة ومعقدة، ليتم بعدها توجيه هذه البروتينات نحو المكان الذي تؤدي فيه وظيفتها المحددة داخل أو خارج الخلية.

1. تمثيل البنية الفراغية للبروتينات:

1. تمثيل البنية الفراغية للجزيئات البسيطة:

يمكن تمثيل البنية الفراغية لجزيء بسيط مثل حمض أميني بعدة طرق (نماذج)، منها نموذج العود (bâtonnet) ونموذج الكرات والعود (boules et bâtonnets) والنموذج المكس (sphères). ولقد سمح التقدم العلمي والتكنولوجي برؤية هذا التمثيل على شاشة الكمبيوتر باستعمال برامج محاكاة خاصة (الوثيقة 1 ص 40 من الكتاب المدرسي).

2. تمثيل البنية الفراغية للجزيئات الكبيرة:

يحتاج تمثيل البنية الفراغية للجزيئات الكبيرة، مثل البروتين، إلى نفس النماذج المذكورة سابقا بالإضافة إلى نماذج أخرى أكثر فائدة في توضيح جوانب من هذه البنية الفراغية مثل البنيات الثانوية α و β ومناطق الانعطاف. (الوثيقة 2 ص 41).

II. مستويات البنية الفراغية للبروتينات:

نظرا لتعقيد هذه البنية، قام العلماء بوصف أربعة مستويات بنيوية متدرجة في تعقيدها وهذه المستويات البنيوية هي:

أ. البنية الأولية:

في هذه البنية، تظهر الأحماض الأمينية للسلسلة الببتيدية أو البروتينية في تسلسل خطي، مرتبطة مع بعضها البعض بروابط ببتيدية. (الوثيقة 1 ص 42).

ب. البنية الثانوية:

تحت تأثير قوى جاذبة ونافرة، تتشكل روابط هيدروجينية بين مجاميع $C=O$ لحمض أميني و $N=H$ للحمض الأميني الثالث الموالي في السلسلة، وتكرر هذه الروابط بصورة منتظمة فيكتسب البروتين شكل حلزوني نتيجة الالتفاف من الشكل α (لولب)، أو من الشكل β (ورقة مطوية). (الوثيقة 2 ص 42).

ج. البنية الثالثية:

بالإضافة إلى البنيات الثانوية α و β يلاحظ في السلسلة الببتيدية وجود مناطق بنيوية ليس لها أشكال فراغية محددة هي التي تسمح للسلسلة الببتيدية ذات البنية الثانوية أن تتطور إلى بنية ثالثة ذات شكل كروي. (الوثيقة 3 ص 43).

تحافظ البنية الثالثية على استقرارها بوجود أربع أنواع من الروابط هي:



- الروابط الهيدروجينية بين الوظائف الكيميائية للجذر R .
- الروابط الشاردية بين المجموعات الكيميائية السالبة والموجبة في الجذر R .
- السلاسل الجانبية للأحماض الأمينية المحبة للماء تتجذب نحو المحيط وتتوضع على السطح.
- السلاسل الجانبية للأحماض الأمينية الكارهة للماء تتجذب نحو الداخل.

▪ الجسور الكبريتية الناتجة بين جذرين لحمضين من نوع Cys.

د. البنية الرابعة:

وتعتبر أكثر البنيات تعقيدا لكونها تتشكل من تجمع لسلسلتين ببتيديتين أو أكثر لكل منها بنية ثالثة، وتسمى كل سلسلة ببتيدية ضمن البنية الرابعة بـ "تحت وحدة". تتماسك تحت الوحدات فيما بينها بروابط ضعيفة عادة مثل الروابط الهيدروجينية والكارهة للماء والشاردية. تتواجد هذه البنية في قسم من البروتينات مثل: الهيموغلوبين.

III. العلاقة بين بنية ووظيفة البروتين:

1. البنية الفراغية لبعض البروتينات الوظيفية:

مثال: الهيموغلوبين: (الوثيقة 4 ص 44)

وهو بروتين كروي ذو بنية رابعة أي يتكون من 4 تحت وحدات من بروتين الغلوبين (4سلاسل):

- سلسلتين من بروتين غلوبين α ، تتكون كل سلسلة من 141 حمض أميني، وترتبط بمجموعة لابروتيدية تعرف بالهيم.
- سلسلتين من بروتين غلوبين β ، تتكون كل سلسلة من 146 حمض أميني، وترتبط بمجموعة لابروتيدية تعرف بالهيم.
- مجموعة الحديد المرتبطة بالبرفورين تشكل الهيم.

2. الأحماض الأمينية:

من خلال دراستنا لآلية تركيب البروتين، تبين لنا أن كل بروتين يتكون من تتابع وعدد من الأحماض الأمينية خاص ومميز تحدده طبيعة المعلومات الوراثية على مستوى المورثة. يدخل في تركيب البروتينات 20 حمضا تتلف فيما بينها في الطبيعة الكيميائية للجذر R.

❖ يتكون الحمض الأميني من 3 وحدات مرتبطة على نفس ذرة الكربون: (الوثيقة 2 ص 47).

- وظيفة حمضية: مجموعة الكربوكسيل COOH.
- وظيفة أمينية: مجموعة أمينية NH₂.
- جذر ألكيلي: شق عضوي R.

❖ تقسم الأحماض الأمينية حسب نوع الجذر R إلى:

- أحماض أمينية حامضية: تتميز بوجود مجموعة حمضية إضافية في الجذر R، وهي: Asp/Glu.
- أحماض أمينية قاعدية: تتميز بوجود مجموعة قاعدية إضافية في الجذر R، وهي: His/Arg/Lys.
- أحماض أمينية متعادلة: تتميز بعدم وجود مجموعة حمضية أو قاعدية في الجذر R، وهي 15 حمضا أمينيا المتبقية. والتي تقسم بدورها حسب نوع الوظائف الموجودة في الجذر R إلى كحولية وكبريتية وعطرية... وغيرها.

❖ تمتاز الأحماض الأمينية بأنها: قابلة للذوبان في الماء، لا تتخثر بالحرارة، غير موجبة لتفاعل بيوري.

3. الببتيدات:

يرتبط حمض أميني بآخر بواسطة رابطة تكافؤية تعرف بـ "الرابطية الببتيدية"، والتي تنشأ نتيجة تفاعل المجموعة الكربوكسيلية COOH لحمض أميني مع المجموعة الأمينية NH₂ لحمض أميني آخر مع خروج جزيئة H₂O بينهما.



يزداد امتداد متعدد الببتيد بارتباط أحماض أمينية أخرى. عندما يتجاوز عدد هذه الأحماض الأمينية 100، يصبح متعدد الببتيد بروتينا.

4. الخاصية الأمفوتيرية (الحمضية) والكهربائية للأحماض الأمينية:

❖ تحتوي الأحماض الأمينية على الأقل على مجموعة حمضية ومجموعة أمينية قابلة للتأين مما يكسبها الخاصية الحمضية، أي أنها تسلك سلوك حمض (تحرر H^+) في وسط قاعدي، أو سلوك قاعدة (تكتسب H^+) في وسط حمضي.

❖ لكل حمض أميني نقطة تعادل كهربائي (PHi) حيث تكون الجزيئة متعادلة كهربائيا.

❖ إذا كان PH الوسط أقل من Phi الحمض الأميني، يسلك الحمض الأميني سلوك قاعدة حيث يكتسب بروتون ويتجه باتجاه القطب السالب إذا وضع في مجال كهربائي.

❖ إذا كان PH الوسط أكبر من Phi الحمض الأميني، يسلك الحمض الأميني سلوك حمض حيث يحرر بروتون ويتجه باتجاه القطب الموجب إذا وضع في مجال كهربائي.

5. العلاقة بين البنية ثلاثية الأبعاد للبروتين ووظيفته:

لدراسة هذه العلاقة قام العالم Anfinsen بإجراء تجربة على إنزيم ريبونوكلياز باستعمال مادتي: β -مركبتوايثانول (تعمل على تحليل الجسور الكبريتية) واليوريا (تعمل على إعاقة الانطواء الطبيعي للبروتين). النتائج موضحة في الجدول ص 49 وفي الوثيقة 4 ص 50.

الخلاصة: تحافظ البروتينات على بنياتها الفراغية المحددة نتيجة لعدد من الروابط التي تنشأ بين المجموعات الكيميائية المتواجدة في جذور الأحماض الأمينية في مواقع محددة.

تؤدي المحافظة على البنية الفراغية للبروتين إلى المحافظة على وظيفة البروتين بينما يؤدي تفكيك هذه الروابط (الجسور الكبريتية، الروابط الهيدروجينية والشاردية) باستعمال عوامل فيزيائية مثل: الحرارة، أو عوامل كيميائية مثل: الأحماض والقواعد وبعض المركبات الكيميائية، إلى تغير في البنية الفراغية أي تخريب البروتين ما يجعله غير فعال. يمكن للبروتين أن يستعيد بنيته الطبيعية وبالتالي وظيفته الحيوية ويسمى التخريب في هذه الحالة عكسي. وإذا لم يستعد البروتين بنيته الفراغية بعد التخريب يسمى التخريب تخريبا غير عكسي.

