

ملخص درس التخصص الوظيفي للبروتينات

أ. تركيب البروتين:

تتواجد جزيئة ADN داخل النواة، وتحمل هذه الجزيئة المعلومة الوراثية التي بها يمكن للخلية تركيب البروتين. وهذه المورثة هي التي تمثل مصدر النمط الظاهري للفرد.

1. آليات تركيب البروتين:

أ. تقنية التصوير الإشعاعي:

باعتبار الأحماض الأمينية وحدات بنائية لتصنيع البروتين، يمكن استعمالها في تجارب تعتمد على تقنية التصوير الإشعاعي الذاتي لإظهار الأنسجة والأماكن التي تتم فيها، حيث أنه أينما يظهر الإشعاع على مستوى النسيج، فثمة مقر تصنيع البروتين.

ب. مقر تركيب البروتين:

تجربة:

بعد حقن فأر في الوريد بمحلول حمض اللوسين المشع، لاحظنا ما يلي: (أنظر الوثيقة 1 ص 12 من الكتاب المدرسي)

- بعد 3 دقائق، ظهر الإشعاع في شبكة الهيولى الفعالة (ش.ه.ف)، وهو دليل على ظهور البروتين في هذه العضية.
- بعد 10 دقائق، انتقل الإشعاع إلى جهاز غولجي.
- وبعد 45 دقيقة، انتقل الإشعاع إلى الحويصلات الإفرازية.



التفسير:

ظهور الإشعاع في شبكة الهيولى (ش.ه.ف) دلالة على تواجد البروتين، وذلك بعد ارتباط الأحماض الأمينية في الهيولى على مستوى الريبوزومات.

النتيجة: مقر تركيب البروتين هو الهيولى.

الخلاصة: مكن استعمال الأحماض الأمينية المشعة من التأكد أن التصنيع الحيوي للبروتين يتم على مستوى هيولى الخلايا، وذلك في المناطق الغنية بالريبوزومات (ش.ه.ف) انطلاقاً من الأحماض الأمينية الناتجة عن عملية الهضم.

ج. انتقال المعلومة الوراثية:

- ❖ توجد المعلومة الوراثية في النواة (ADN) بينما يتم تركيب البروتين في السيتوبلازم.
- ❖ يؤمن انتقال المعلومة الوراثية من النواة إلى مواقع تركيب البروتين نمط آخر من الأحماض النووية، إنه ARNm (حمض ريبي نووي رسول). إذن فالـ ARNm يلعب دور عنصر وسيط بين المورثة والبروتين.
- ❖ يتشكل ARNm في النواة وينتقل إلى الهيولى.

✚ التركيب الكيميائي لـ ARN (الحمض الريبي النووي):

هو عبارة عن جزيئة يختلف طولها باختلاف طول البروتين الذي سيتم تصنيعه. تتكون من سلسلة واحدة متشكلة من تتالي نكليوتيدات ريبية تختلف عن بعضها البعض حسب القواعد الأزوتية الداخلة في تركيبها.

✚ الإماهة الكلية للـ ARN: تبين أن كل نكليوتيدة من نكليوتيداته تتكون من 3 أنواع من الجزيئات وهي:

- سكر خماسي يسمى **الريبوز** ويرمز له بـ R.
- حمض متمثل في **حمض الفوسفوريك** ويرمز له بـ P.
- قاعدة آزوتية من القواعد الأزوتية الأربعة والمتمثلة في (U-C-A-G).
- نلاحظ أنه في الـ ARN استبدلت القاعدة الأزوتية T بالقاعدة الأزوتية U، أي أن هذه الأخيرة هي قاعدة آزوتية مميزة للـ ARN.
- U و C قواعد آزوتية **بيريميديه**، بينما A و G قواعد **بيورينية**.
- على مستوى النكليوتيدة، يتم ارتباط حمض الفوسفوريك بسكر الريبوز على مستوى الكربون رقم (5) من جهة، ومع القاعدة الأزوتية على مستوى الكربون رقم (1) من جهة أخرى.

✚ مقارنة بين ARN و ADN: (أنظر الوثيقة 1 ص 16)



ARN	ADN
4 قواعد آزوتية مجموعة من النكليوتيدات	
<ul style="list-style-type: none"> - تواجد U إضافة إلى A, C, G. - سكر ريبوز اعتيادي. - سلسلة واحدة (أحيانا تلتف حول نفسها وتشكل حلزونا كاذبا). 	<ul style="list-style-type: none"> - تواجد T إضافة إلى A, C, G. - سكر ريبوز منقوص الأكسجين O₂. - سلسلة حلزونية مضاعفة مرتبطة فيما بينها بروابط هيدروجينية بين القواعد الأزوتية.

د. استنساخ المعلومة الوراثية:

- ❖ إن المقارنة بين تسلسل النكليوتيدات في جزيئي ADN و ARNm مسؤولين عن تصنيع بروتين معين، تبين أن تتالي نكليوتيدات ARNm يكمل تتالي نكليوتيدات المورثة ADN، وأن أي تغيير في ADN يظهر في ARNm ومنه في البروتين نفسه، وهذا يدل على أن ARNm ما هو إلا نسخة من إحدى سلسلتي ADN يتم فيها استبدال نكليوتيدة T (الثايمين) بنكليوتيدة U (يوراسيل).
- ❖ إذن فالاستنساخ هو عملية تركيب جزيئة ARNm في النواة انطلاقا من المعلومات الوراثية الموجودة على مستوى ADN، ليخرج بعد ذلك من النواة إلى الهيولى ناقلا معه المعلومة الوراثية اللازمة لتركيب البروتين المطلوب.
- ❖ بفضل المجهر الإلكتروني لوحظ ظهور في مواقع محددة للـ ADN تفرعات (استطالات) ناتجة عن الاستنساخ للمورثة في اتجاه معين، أي من بدايتها إلى نهايتها. كل استطالة تمثل ARNm ناتج عن نسخ المورثة.
- ❖ تنتسخ جزيئة ARNm انطلاقا من ADN في وجود أنزيم ARN بوليميراز (الذي يملك القدرة على كسر الروابط الهيدروجينية كما يملك القدرة على ربط النكليوتيدات)، نكليوتيدات ريبية وطاقة.

❖ كما يمكن لعدة أنزيمات من ARN بوليميراز أن تستنسخ مورثة واحدة في آن واحد مما يسرع من عملية الاستنساخ.

ملاحظة: عند الكائنات حقيقية النواة يتم النسخ بالنواة بينما عند الكائنات بدائيات النواة فيتم بالسيتوبلازم.

هـ. آلية النسخ: (أنظر الوثيقة 4 ص 18)

➤ مرحلة الانطلاق:

❖ يتثبت أنزيم ARN بوليميراز في موضع بداية النسخ وتتكسر الروابط الهيدروجينية التي تربط بين القواعد الأزوتية لسلسلتي ADN فتفتح السلسلتان.

❖ تتوضع نكليوتيدات ريبية أمام النكليوتيدات الريبية منقوصة الأكسجين لـ ADN حسب تكامل القواعد الأزوتية (A أمام T، U أمام A، C أمام G و G أمام C).

➤ مرحلة الاستطالة:

❖ تتواصل عملية النسخ مع حركة إنزيم ARN بوليميراز على طول المورثة في موضع النسخ من بدايتها إلى نهايتها.

➤ مرحلة النهاية:

❖ عندما يصل إنزيم ARN بوليميراز إلى موضع نهاية النسخ، تنفصل جزيئة ARNm، في حين تغلق سلسلتي ADN وتعود إلى أصلها الأول.

ملاحظة:

عند الكائنات حقيقية النواة تتكون المورثة من قطع دالة (إكسونات Exons) وقطع غير دالة (إنترونات Introns)، لذا تعطي عملية النسخ ARNm **طلائعي** (قبل رسول) يتكون من قطع دالة وأخرى غير دالة، ثم يتحول إلى ARNm **ناضج** بعد حذف القطع غير الدالة ولصق القطع الدالة.

و. الترجمة:

❖ إن مرحلة الترجمة هي تحويل اللغة النووية إلى لغة بروتينية، ويتم خلالها ترجمة المعلومة الوراثية التي يحملها ARNm إلى متتالية من الأحماض الأمينية في الهيولى الخلوية.

❖ بعد عملية النسخ يغادر ARNm النواة، وينتقل إلى السيتوبلازم حاملا الرسالة الوراثية على شكل متتالية نكليوتيدات (عدد وترتيب معين).

❖ تترجم هذه الرسالة إلى متعدد ببتيد أو بروتين يتكون من عدد وترتيب معين من الأحماض الأمينية.

➤ الرمز الوراثي:

❖ إن ترتيب الأحماض الأمينية في السلسلة البروتينية مرتبط بترتيب نكليوتيدات ARNm.

❖ ARNm يضم 4 أنواع من النكليوتيدات بينما للبروتين 20 نوع حمض أميني.

❖ أثبتت التجارب أن 3 قواعد أزوتية متتالية ترمز لحمض أميني، كما أن بعض الأحماض الأمينية تمثل بأكثر من رمز وراثي.

❖ يبين جدول الشفرة الوراثية وجود 64 رامزة:

- 61 رامزة تشفر إلى أحماض أمينية حيث أن حمضا أمينيا واحدا يمكن أن يرمز له بعدة رامزات

(مثلا: 4 رامزات = Val، 6 رامزات = Ser).



- 3 رموزات (UGA ; UAG ; UAA) لا تشفر لأي حمض أميني فهي بدون معنى وتمثل رموزات توقف القراءة (stop).

❖ الشفرة AUG ترمز إلى الحمض الأميني (ميثيونين) وتعتبر شفرة بادئة (بداية القراءة).

➤ شروط الترجمة:

تركيب البروتين خلال مرحلة الترجمة يتحقق بتوفر الشروط التالية: ARNm، جزيئات ARNt (حمض ريبوني نووي ناقل)، ريبوزومات، أنزيمات، أحماض أمينية، وطاقة ATP.

❖ **الريبوزومات:** هي متعضيات سيتوبلازمية صغيرة تتشكل من وحدتين: صغيرة وكبيرة، تتكون كل منهما من ARNr (ريبوزي) وبروتينات. للريبوزوم موقعان: موقع A وموقع P (أنظر الوثيقة 4 ص 26).

دور الريبوزومات هو توجيه مختلف جزيئات ARNt بالنسبة لـ ARNm ووضعها بطريقة تمكن من قراءة صحيحة للرسالة الوراثية. للريبوزوم تجويفان يتوضع على كل تجويف جزيئة ARNt حاملة حمضا أمينيا موافق لشفرة ARNm التي تتكامل مع الشفرة المضادة لـ ARNt.

❖ **ARNt:** هي جزيئة صغيرة نسبيا ولديها خمس مواقع مهمة هي: موقع تثبيت الحمض الأميني، موقع تثبيت الريبوزوم، موقع التثبيت على الأنزيم، شفرة مضادة (3 نكليوتيدات على ARNt مكملة لنكليوتيدات الشفرة على ARNm)، وحلقة متغيرة (تميز كل نمط من ARNt). يثبت كل ARNt بأحد أطرافه حمض أميني معين، ويتم هذا التثبيت باستهلاك طاقة مصدرها تحليل ATP، ويتدخل أنزيم Aminoacyl ARNt synthétase ذي موقعين مختصين: أحدهما يرتبط بالـ ARNt، والآخر بالحمض الأميني (أنظر الوثيقة 6 ص 27).

❖ **البوليزوم:** (متعدد الريبوزوم): وهو تجمع لعدة ريبوزومات على مستوى جزيئة ARNm، حيث تسمح الترجمة بتركيب نفس السلسلة الببتيدية وبالتالي الرفع من إنتاج البروتين.

➤ مراحل الترجمة:

تحدث الترجمة في السيتوبلازم بحضور أنزيمات منشطة للأحماض الأمينية، وجزيئات ATP وهي الطاقة الضرورية لهذا التنشيط، ويقصد بالتنشيط ارتباط الحمض الأميني بـ ARNt النوعي (لكل ARNt حمض أميني معين)، فيتشكل معقد (حمض أميني + ARNt) (أنظر الوثيقة 8 ص 28).

تمر الترجمة بثلاث مراحل (أنظر الوثيقة 9 ص 29):

❖ البداية:

- تكون دائما الشفرة الأولى لـ ARNm هي AUG، لذا يبدأ دائما تركيب البروتين بالميتيونين.
- يرتبط ARNt حاملا معه الميثيونين بالوحدة الصغرى للريبوزوم المرتبط بها سلسلة ARNm.
- تلتحق الوحدة الكبرى للريبوزوم بالوحدة الصغرى فيصبح الريبوزوم وظيفيا، ويكون ARNt الحامل للميثيونين في الموقع P للوحدة الكبرى.

❖ الاستطالة:



- يتوضع ARNt الثاني الحامل للحمض الأميني الثاني في الموقع A للوحدة الكبرى للريبوزوم مقابل الشفرة الثانية لـ ARNm حسب تكامل القواعد الأزوتية.
 - تتشكل رابطة بيتيدية بين الحمض الأميني الأول (ميثيونين) والثاني، وتنكسر الرابطة بين الحمض الأميني الأول (الميثيونين) وARNt المبتدئ.
 - يغادر ARNt المبتدئ الريبوزوم، ويتحرك هذا الأخير بشفرة واحدة، فيصبح ARNt الثاني في الموقع P ويصبح الموقع A فارغا. ثم يأتي ARNt ثالث حاملا معه حمض أميني ثالث ويتوضع في الموقع A مقابل الشفرة الثالثة لـ ARNm حسب تكامل القواعد الأزوتية.
 - يرتبط الحمض الأميني الثالث بالحمض الأميني الثاني بواسطة رابطة بيتيدية، وتنكسر الرابطة بين الحمض الأميني الثاني وARNt الثاني، فيغادر هذا الأخير الريبوزوم.
 - وهكذا تستمر إضافة أحماض أمينية إلى سلسلة متعدد الببتيد بمعدل حمض أميني لكل حركة للريبوزوم.
- ❖ **النهاية:**

- عندما يصل الريبوزوم للشفرة الأخيرة (قف)، لا يضاف حمض أميني إلى سلسلة متعدد الببتيد، فتتحرر السلسلة البروتينية، وتنكسر الرابطة البيبتيدية بين الحمض الأميني الأول (الميثيونين) والحمض الأميني الثاني الذي يصبح في بداية السلسلة وتفترق وحدتي الريبوزوم عن بعضها البعض.
- تركيب البروتين يتم على مستوى البوليزوم المتواجد في الهيولى أو مرتبطا بالشبكة الهيولية.
- يكتسب متعدد الببتيد المتشكل تلقائيا بنية ثلاثية الأبعاد ليعطي بروتينا وظيفيا يوجه نحو مقر وظيفته وذلك بداخل الخلية، أو يفرز خارج الخلية، أو ضمن الغشاء الهيولي (أنظر الوثيقة 10 ص 31).
- من أمثلة البروتينات المصنعة التي يتم توجيهها خارج الخلية، البروتينات الإفرازية كالأنسولين. حيث أنها بعد تركيبها في الشبكة الهيولية الفعالة تنتقل عن طريق الحويصلات إلى جهاز غولجي ومنه إلى الحويصلات الإفرازية التي تنتقل إلى الغشاء الهيولي وتندمج معه محررة محتوياتها خارج الخلية.

📌 ملاحظات:

- عند الكائنات بدائية النواة مثل البكتيريا، تتم عمليتي النسخ والترجمة في السيتوبلازم وفي آن واحد، حيث تتم عملية الترجمة قبل اكتمال عملية النسخ.

