التصنيع الحيوي للبروتين Protein biosynthesis

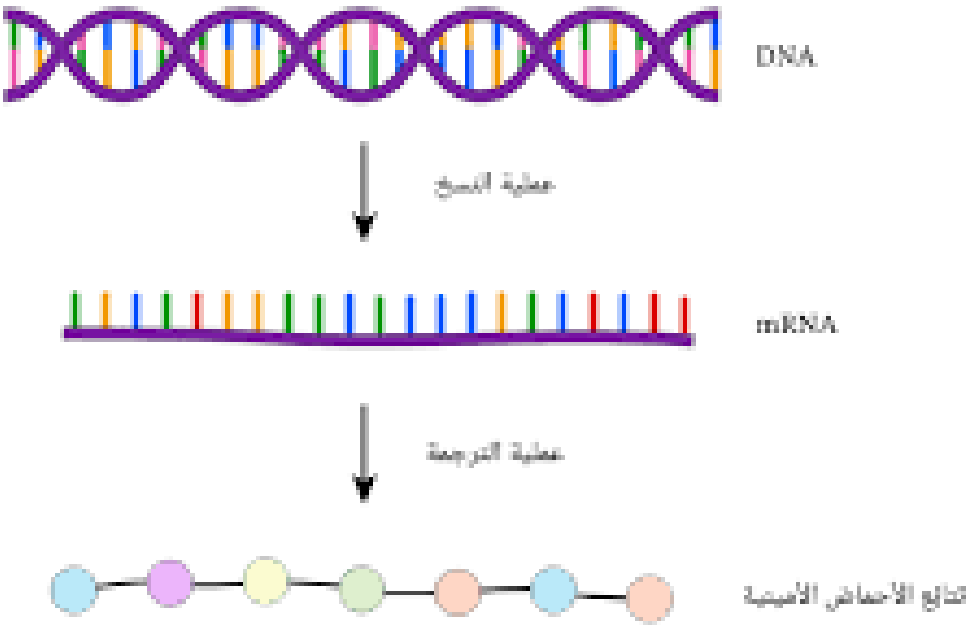
تُعَد البروتينات من الجزيئات الكبيرة الأكثر تنوعاً في الأنظمة الحية حيث تقوم بأداء وظائف بيولوجية على نطاق واسع ويعكس ذلك تنوعها التركيبي. تتكون جميع البروتينات من وحدات بناء تُعرف بالأحماض الأمينية والتي ترتبط مع بعضها بأواصر تسمى الأواصر الببتيدية، جدير بالذكر أنه يُوجد في بروتينات الكائنات الحية 22 حمضاً أمينياً مختلفاً.

تعتمد عملية بناء البروتين على الريبوسومات جنباً إلى جنب مع الأحماض النووية، والتي تتضمن نوعين:

الأول: الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين (دناDNA)

والثاني: الحمض النووي الرايبوزي RNA بأنواعه: الرسول RNAm و الناقل RNAt ، و الريبوسومي RNAr الذي يعتبر الوحدة الوظيفية للرايبوسوم.

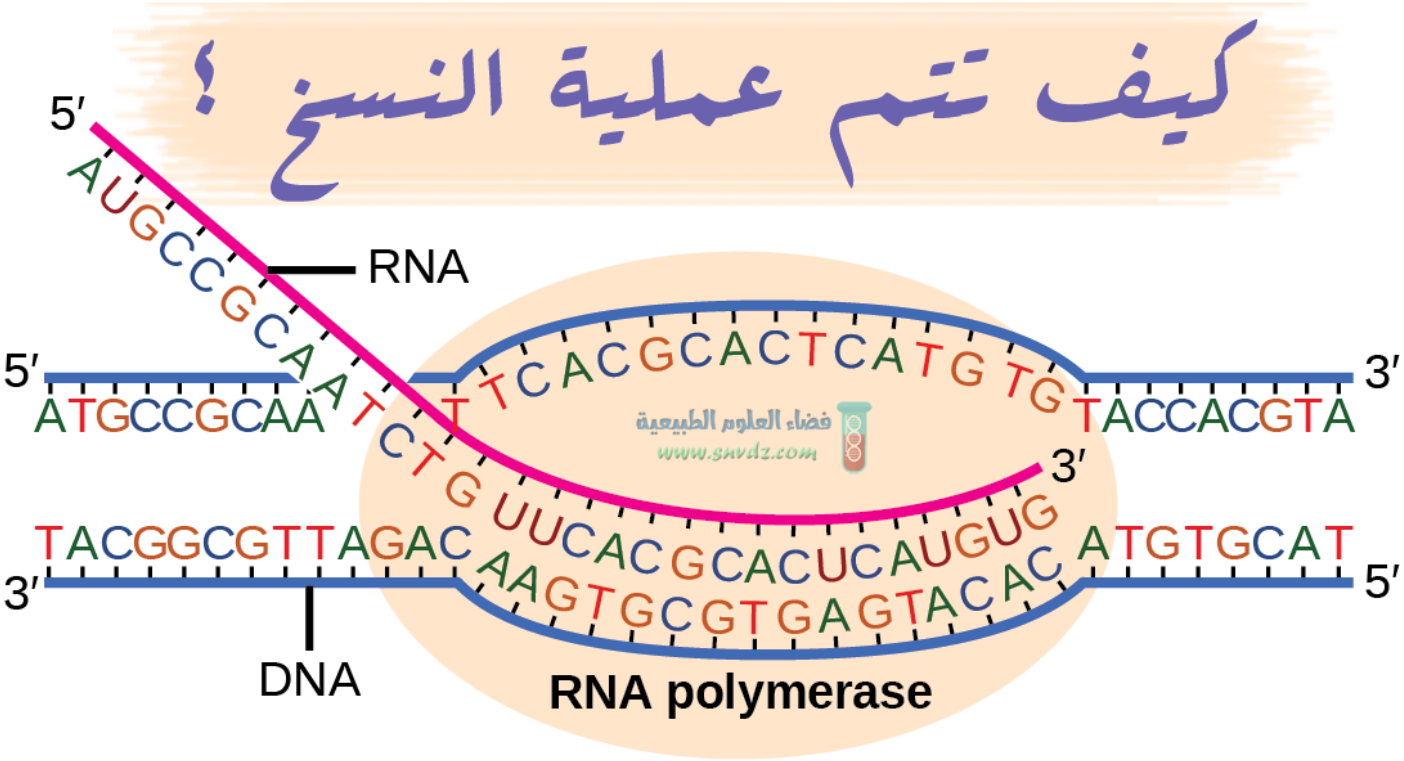
تتكون عملية بناء البروتينات في الخلية من خطوتين رئيسيتين :عملية النسخ و عملية الترجمة.



الشكل 1: شكل يوضح ويظهر الفكرة المحورية لعلم البيولوجيا الجزيئية. تمثل عملية النسخ الخطوة الأولى في عملية تحويل الجين إلى البروتين القناطر له.

عملية النسخ transcription:

وهي عملية يتم من خلالها نسخ جزيء الرنا الرسول RNAm من جين معين موجود على الدنا DNA عبر سلسلة من الخطوات تبدأ بارتباط إنزيم يُسمى إنزيم البلمرة الرنا RNA polymerase على موقع موجود على الدنا DNA يُسمى بموقع الابتداء، بعد ذلك تنفصل سلسلتي الدنا ليبدأ الإنزيم بإضافة النيوكليوتيدات (وهي وحدات البناء في الأحماض النووية) الخاصة بالرنا الرسول (مع استبدال القاعدة النيتروجينية ثايمين بالقاعدة النيتروجينية يوراسيل) من أحد سلسلتي الدنا، وحينما يصل إنزيم البلمرة إلى إشارة الانتهاء (وهي منطقة معينة على الدنا DNA مكونة من تسلسل معين من النيوكليوتيدات المحددة لنهاية الجين) يتم تحرير الرنا الرسول الناتج وتعود سلسلتا الدنا DNA إلى الالتفاف من جديد.



تُسمى كل ثلاث نيوكليوتيدات متجاورة على الرنا الرسول بالكودون codon (وهوعبارة عن شفرة من ثلاث قواعد نيتروجينية من أصل أربع قواعد: الأدنين، الغوانين، السايتوسين، اليوراسيل)، ويبلغ عدد الكودونات إجمالاً 64 كودوناً، منها 61 مخصصة لتشفير 20 حمض أميني، أما الثلاث المتبقية لا تُشفر أي حمض أميني.

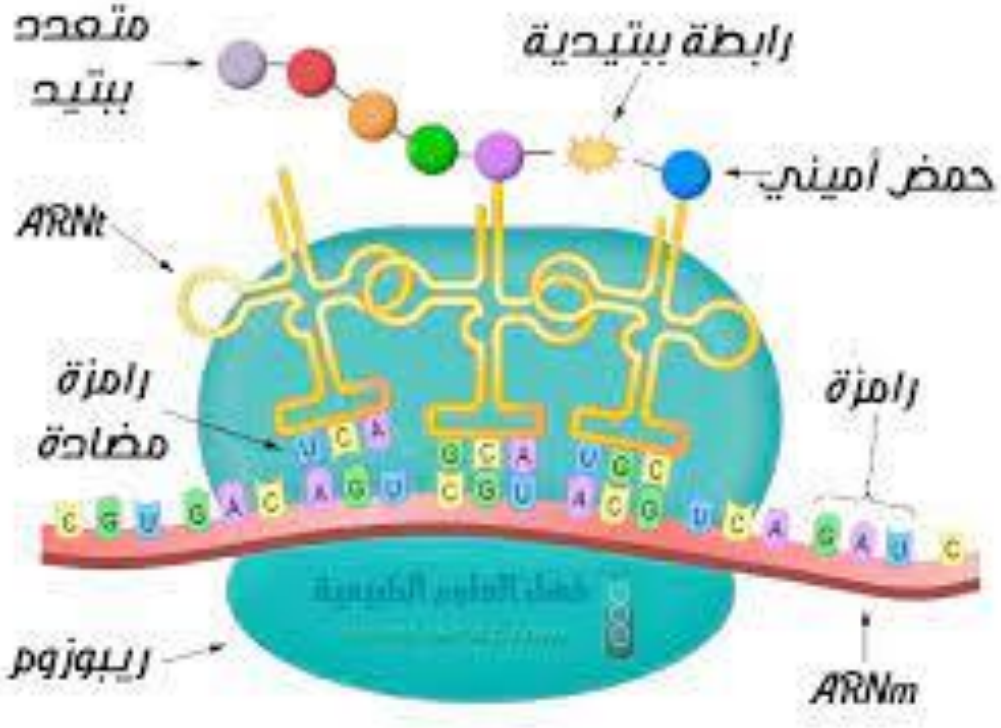
عملية الترجمة Translation:

أما عن عملية الترجمة فهي تتكون من ثلاث خطوات: البدء، الاستطالة، والإنهاء.

تنطلق خطوة **البدء** بارتباط الوحدتين البنائيتين للريبوسوم مع الرنا الرسول RNAm والرنا الناقل RNAt ، ثم يبدأ الرنا الرسول بالمرور بين وحدتي الريبوسوم حتى يتم ترجمة الكودونات إلى أحماض أمينية بواسطة الكودون المضاد الموجود على الرنا الناقل RNAt ، فتبدأ الترجمة بكودون البدء (AUG) على الرنا الرسولRNAm والذي يشفر للحمض الأميني ميثيونين لايمكن أن تبدأ الترجمة بدون كودون البدء AUG.

بعد ذلك يأتى دور خطوة **الاستطالة**، حيث ينفصل الرنا الناقل الأول ويترك حمضه الأميني (الميثيونين) خلفه، ويدخل رنا ناقل جديد إلى الريبوسوم حاملا حمضاً أمينياً للكودون التالي على الرنا الرسول، وتستمر هذه العملية حتى يصل الريبوسوم إلى كودون الإيقاف الموجود على الرنا الرسول ، وهو الكودون الذي لا يتوفر له كودون مضاد على الرنا الناقل وبالتالي لا يشفر إلى حمض أميني.

1st letter	Second Letter: U	Second Letter: C	Second Letter: A	Second Letter: G	3rd letter
U	UUU Phe UUC UUA Leu UUG	UCU UCC UCA Ser UCG	UAU Tyr UAC UAA Stop UAG Stop	UGU Cys UGC UGA Stop UGG Trp	U C A G
C	CUU CUC CUA Leu CUG	CCU CCC CCA Pro CCG	CAU His CAC CAA Gln CAG	CGU CGC CGA Arg CGG	U C A G
A	AUU AUC AUA Ile AUG Met	ACU ACC ACA Thr ACG	AAU Asn AAC AAA Lys AAG	AGU Ser AGC AGA Arg AGG	U C A G
G	GUU GUC GUA Val GUG	GCU GCC GCA Ala GCG	GAU Asp GAC GAA Glu GAG	GGU GGC GGA Gly GGG	U C A G



وفي النهاية يأتي دور خطوة **الإنهاء** حيث يصل الريبوسوم إلى أحد كودونات الإيقاف (UAG UAA UGA) حينها يغادر آخر رنا ناقل الريبوسوم وتنفصل الوحدتان البنائيتان للرايبوسوم عن بعضهما ويبتعد الريبوسوم عن RNAm الرسول، ويتحرر البروتين الناتج إلى السايتوبلازم.

يمكن لعدة ريبوسومات أن تترجم نفس النسخة من RNAm الرسول.

ويُطلق على هذه السلسلة من الأحداث البيولوجية التي تؤدي إلى بناء البروتين تعابير أخرى مثل المبدأ المركزي، أو التعبير الجيني، أو بناء البروتين.

يمكن أن تختلف عملية بناء البروتينات في الخلايا الحقيقية النواة عن تلك البدائية النواة، فمثلاً: عملية النسخ تحدث داخل أنوية الخلايا الحقيقية النواة وبعد الانتهاء منها تبدأ عملية الترجمة أما بالنسبة للخلايا بدائية النواة فنظراً لعدم احتوائها على نواة فإن عملية النسخ تحدث في السيتوبلازم لوجود DNA في السايتوبلازم وبالتالي يمكن أن تبدأ عملية الترجمة قبل انتهاء عملية النسخ وتسمى هذه العملية باقتران النسخ والترجمة.

وفضلاً عن ذلك، فإن RNAm الرسول في الخلية الحقيقية النواة أحادي السسترون أي أنه يُشفر لعديد ببتيد (بروتين) واحد، أما RNAm الرسول في الخلية البدائية النواة فهو متعدد السسترون أي أنه يشفر لأكثر من عديد ببتيد.

بالإضافة إلى اختلاف وحدتي الريبوسوم في الخلية الحقيقية النواة عن تلك الموجودة في الخلية بدائية النواة، ففي الكائنات حقيقية النواة تميز الريبوسومات RNAm الرسول بواسطة الارتباط بقلنسوته عند النهايه 5 لجزئية RNAm الرسول ثم يبدأ الريبوسوم بفحص دقيق لRNAm الرسول من النهايه 5 لحين الوصول إلى شفرة البدأ.

إن عملية الترجمة في الخلايا حقيقية النواة تكون أكثر تعقيداً مما عليه في بدائية النواة وتتطلب عوامل بدأ ترجمة أكثر من مثيلاتها في بدائية النواة.