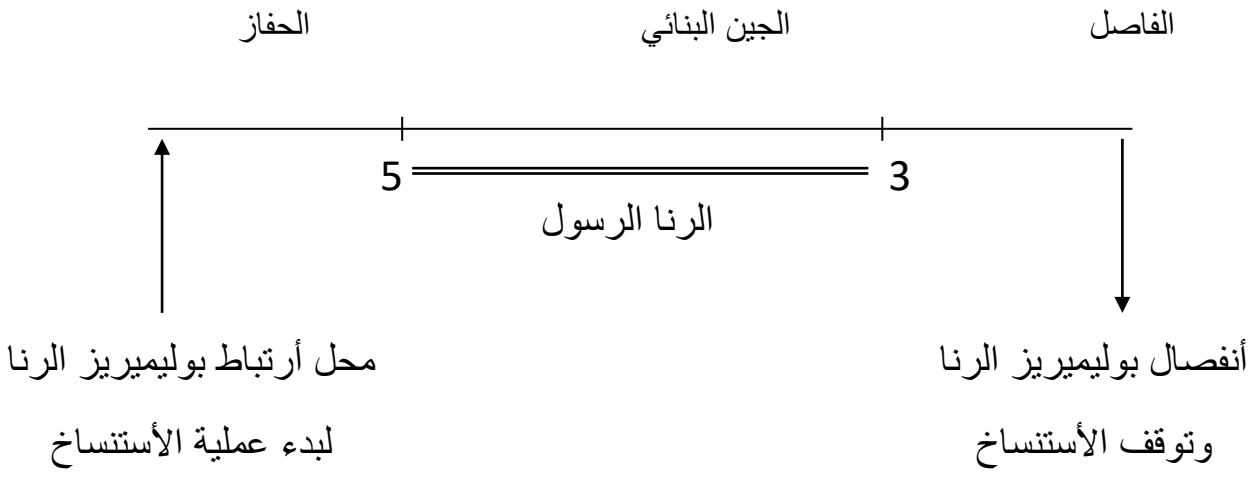
الجين Gene:

عبارة عن تتابعات معينة من النيوكليوتيدات الموجودة في جزيئة الدنا وهي تمثل الوحدات الوراثية في الكائنات الحية و تكون على نوعين :

1- الجينات البنائية Structural gene:

يمكن تعريف الجين البنائي على أنه تتابع النيوكليوتيدات الذي يحدد تتابع الأحماض الأمينية في جزيئة البروتين . ترتبط ببداية ونهاية كل جين بنائي تتابعات من النيوكليوتيدات تسمى العناصر المسيطرة التي تشترك في تنظيم عملية الأستنساخ من خلال تفاعلها مع أنزيم بوليميريز الرنا والبروتينات المنظمة الأخرى . من أهم العوامل المسيطرة المرتبطة بالجينات البنائية هي الحفاز promoter و الفاصل terminator يقع الحفاز في بداية الجين البنائي وهو الجزء الذي يرتبط به أنزيم بوليميريز الرنا لغرض بدء عملية الأستنساخ . أما الفاصل فو التتابع الذي يرتبط بنهاية الجين البنائي ووظيفته أعطاء الأشارة لبوليميريز الرنا للأنفصال عن قالب الدنا و أنهاء عملية الأستنساخ .



2- الجينات المسيطرة أو الأوبيرون Controlable gene or operon

عبارة عن عدد من الجينات البنائية المشتركة بحفاز واحد و فاصل واحد وهذه الجينات لها علاقة ببعضها البعض الأخر و تسمى بالأوبرون . تسنسخ جميع الجينات البنائية الموجودة في الأوبرون مرة واحدة مكونة رنا رسول طويلة يسمى بالرنا الرسول متعدد المواضع Polycistronic mRNA وظيفة هذة الجينات هي السيطرة على بعض الخطوات الأيضية المتتالية لأظهار صفات معينة .

اوبرون اللاكتوز في بكتريا *E. coli*:

يتكون اوبرون اللاكتوز في بكتريا *E.coli* من ثلاث جينات بنائية هي *lacZ , lacY , lacA* تقع متجاورة مع بعضها على كروموسوم البكتريا. اوضحت الدراسات ان جين *lacZ* هو الوحيد الذي له علاقة مباشرة في عملية تحليل اللاكتوز وذلك من خلال انتاجه لانزيم بيتا-كلاكتوسيديزβ-galactosidase الذي يعمل على تكسير اللاكتوز الى مكوناتة من الكلوكوز والكالاكتوز. اما ناتج الجين lacY فهو عبارة عن جزيئة بروتينية تدعى البروتين M (M-protein) او كالاكتوسايد بيرمييز galactoside permease الذي يتركز وجوده في الغشاء السايتوبلازمي ويعمل على تسريع عملية سحب اللاكتوز من الوسط وادخاله الى الخلايا. اما وظيفة الجين *lacA* ، المسؤول عن تخليق الانزيم ثايوكالاكتوسايد thiogalactoside) (transacetylase ، فلا زالت غير معروفة على وجه التحديد لحد الان. فقد لوحظ ان السلالات الطافرة من هذا الجين لا تعاني من اي خلل في عملية استهلاك اللاكتوز، مما يشير الى عدم اهميته في هذه العملية. يحتوي اوبرون اللاكتوز على عدد من العوامل المسيطرة التي تلعب دورا مهما في عملية الاستنساخ وتنظيم عمل الاوبرون. فعلاوة على الحفاز والفاصل يحتوي الاوبرون على عامل مسيطر اخر يدعى المشغل operator ، كما يوجد على بعد مسافة قليلة من الاوبرون جين يدعى *lacI* او الجين المنظم regulatory gene الذي يشترك في تنظيم عمل الاوبرون (شكل 9).

تنظيم عمل اوبرون اللاكتوز:

هناك فرق بين الجينات التركيبية والجينات الخاضعة للتنظيم. فالجينات التركيبية هي تلك الجينات التي تعبر عن صفاتها بصورة مستمرة وبهذا فان نواتجها (الانزيمات) توجد في الخلايا وبنفس التركيز تقريبا بغض النظر عن ظروف النمو المختلفة ووجود المادة الاساس او عدم وجودها. لذا يطلق على مثل هذه الانزيمات اسم الانزيمات التركيبية. اما عمل الجينات الخاضعة للتنظيم فهو قابل للتحوير والتغيير حسب الظروف المحيطة بالجين ولهذا تدعى الانزيمات الناتجة عن مثل هذه الجينات بالانزيمات المستحثة.

هناك منطقا صحيحا وراء تخليق الانزيمات التركيبية والمستحثة، فالانزيمات التركيبية مثل الانزيمات المشتركة في عملية ايض الكلوكوز تكون مطلوبة في كل الاوقات وذلك لان هذه العملية من العمليات المستمرة والمهمة لحياة البكتريا. اما عمليات ايض السكريات الاخرى مثل اللاكتوز والارابينوز فهي اقل شيوعا ولاتحدث بصورة مستمرة، وانما يقتصر على ظروف واوقات معينة تكون فيها البكتريا بحاجة الى هذه الانزيمات.

لذا فان نمو البكتريا في وسط يحتوي على الكلوكوز يجعلها غير محتاجة للانزيمات التي تشترك في ايض اللاكتوز وذلك لانها تكتفي بالكلوكوز باعتباره مصدرا للكربون ولهذا يكون اوبرون اللاكتوز متوقفا عن العمل لعدم الحاجة الى انزيماته. ويوضح الشكل (10-أ) الية ايقاف عمل اوبرون اللاكتوز، حيث يقوم البروتين المنظم المخلق بواسطة الجين *lacI* (وهو من الجينات التركيبية) بالارتباط بالمشغل المجاور للجين *lacZ* مما يؤدي الى منع ارتباط انزيم بوليميريز الرنا بالحفاز ومن ثم ايقاف استنساخ الجينات البنائية الثلاثة.

عند نقل خلايا *E. coli* الى وسط يحتوي على سكر اللاكتوز كمصدر وحيد للكربون ستعمل الكمية القليلة من انزيم بيرميز (ناتج الجين *lacY*) على ادخال كميات قليلة من جزيئات اللاكتوز الى الخلية، وستقوم هذه الجزيئات التي تدعى الجزيئات المؤثرة effector molecules بتحفيز اوبرون اللاكتوز على العمل وذلك من خلال ارتباطها مع البروتين المنظم وفصله عن المشغل مما يفسح المجال لبوليميريز الرنا للارتباط بالحفاز وبدأ عملية الاستنساخ (شكل 10-ب).

يستنسخ انزيم بوليميريز الرنا الجينات البنائية الثلاثة مرة واحدة لانتاج جزيئة رنا رسول تدعى بالرنا الرسول متعددة المواضع. وتقوم الرايبوسومات بترجمة الرنا الرسول عن طريق

ارتباطها بالنهاية 5 (النهاية التي يوجد فيها الجين lacZ) ومن ثم االتحول نحو النهاية 3. وبهذا فـان اول الانزيمـات المخلقـة هـو الانـزيم β-galactosidase الـذي ينفصـل بعـد وصـول الرايبوسوم الى مشفر التوقيف stop codon. تستمر الرايبوسومات بالتحرك باتجاه النهاية 3 لترجمة الجينين lacY و lacA بنفس الطريقة.

يستمر اوبرون اللاكتوز بالعمل طالما كانت هناك كمية معقولة من اللاكتوز في المحيط يمكنها الارتباط بالبروتين المنظم ومنعه من الارتباط بالمشغل، ولكن في حال فقدان اللاكتوز سيعود البروتين المنظم للارتباط بالمشغل وتوقيف عمل الاوبرون.

تمثل الجينات البنائية (الجينات التي تسيطر على تخليق البروتينات) الغالبية العظمى من الجينات الموجودة في الكروموسومات، الا ان خلايا لكائنات الحية تحتوي ايضا على انواع اخرى من الجينات يكون ناتجها النهائي جزيئات رنا وليس بروتينات. فهناك جينات مسؤولة عن تخليق الرنا الرايبوسومي (rRNA)، واخرى مسؤولة عن تخليق الرنا الناقل (tRNA) ، اللذان يلعبان دورا مهما في ترجمة الرنا الرسول المستنسخ عن لجينات البنائية. تحتوي جينات الرنا الرايبوسومي والرنا الناقل على الحفاز كما هو الحال في الجينات البنائية، وتخضع جزيئات لرنا المستنسخة عنهما الى عمليات تهيئة عديدة قبل ان تأخذ شكلها الفعال حيويا الذي يمثل الناتج النهائي لمثل هذه الجينات.