



# اصول بیولوژی مولکولی و مهندسی ژنتیک

گردآوری و تالیف:

دکتر سکینه عباسی

دانشیار ژنتیک مولکولی انسانی، دانشکده پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران

آریا صمت، فاطمه بیرنگ، ممدممید معفری‌راد

دانشجویان کارشناسی علوم آزمایشگاهی، دانشکده پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران



موسسه علمی انتشاراتی سنا  
(سامانه نوین آموز)

دانش زیست‌شناسی، هرچند از کهن‌ترین دانش‌هایی بوده است که بشر به آن توجه داشته، اما از حدود یک سده‌ی پیش از این دانش زیرشاخه‌ی تازه‌ای پدید آمد که آن را بیولوژی مولکولی نامیدند و انقلابی در دانش زیست‌شناسی به وجود آورد.

امروزه کاربرد بیولوژی مولکولی یا ژنتیک و مهندسی ژنتیک در علوم مختلف از جمله پزشکی، دندان‌پزشکی، داروسازی، پزشکی قانونی، تغذیه، علوم دامی، تولیدات صنعتی، کشاورزی و ... باعث اهمیت هرچه بیشتر این علم شده است.

شاید مهم‌ترین کاربرد این علم در علم پزشکی و در درمان بیماری‌های لاعلاج مثل سرطان باشد. سال‌ها تدریس در دانشگاه و ارائه مطالبی که شبیه آن را در کتابی ندیدم من را بر آن داشت که دست به تألیف این کتاب بزنم.

در تألیف این کتاب از مجموعه کتب معتبر دانشگاهی نیز استفاده شده است و حاوی مطالبی در مورد زیست مولکولی و مهندسی ژنتیک می‌باشد.

مؤلفین این کتاب تمام تلاش خود را به کار بردند تا این نوشتار به زبانی ساده و در عین حال کاربردی تهیه شود تا بتواند پاسخگوی نیاز دانشجویان از مقطع کارشناسی تا دکتری علوم پایه پزشکی و پیراپزشکی و پرسنل آزمایشگاه و محققین در حوزه علوم بیولوژی مولکولی، ژنتیک مولکولی و سرطان باشد.

همواره معتقدیم که علی‌رغم تلاش‌های بسیاری که برای تألیف و ویراستاری این کتاب شده است، خالی از ایراد نیست. به همین دلیل از دریافت پیام‌های نقادانه شما خواننده گرامی استقبال می‌کنیم.

SANABOOK.COM

دکتر سکینه عباسی

ما همیشه در سنا سعی می‌کنیم بستری را فراهم کنیم تا نویسندگان عزیز بتوانند مطالب خشک علمی را به شیوه‌ای متفاوت بیان کنند و حرف متفاوتی برای مخاطبان خود داشته باشیم. خوشبختانه کتاب اصول زیست مولکولی و مهندسی ژنتیک یکی از همان کتب علمی است که توسط نویسنده محترم سکینه عباسی به رشته تالیف درآمده است. اخیراً در کنار کتاب‌های سنا یک اپلیکیشن کاربردی راه‌اندازی کرده‌ایم که بتوانیم کتاب‌های صامت را به کتاب‌های حاوی صوت و تصویر تبدیل کنیم.

SANABOOK.COM

## فصل اول: ماده ژنتیک

|    |                                                    |
|----|----------------------------------------------------|
| ۱۱ | مقدمه                                              |
| ۱۳ | آزمایش گریفیت با باکتری پونوموکوک                  |
| ۱۳ | - ترانسفورماسیون                                   |
| ۱۳ | - شرح آزمایش                                       |
| ۱۴ | - نتیجه                                            |
| ۱۵ | آزمایش ایوری و مکلود و مکاری                       |
| ۱۶ | آزمایش هرشی و چیس                                  |
| ۱۸ | نوکلئیک اسیدها                                     |
| ۲۰ | ساختار سه بعدی DNA                                 |
| ۲۲ | پیوندهای شیمیایی مهم در ساختار DNA                 |
| ۲۳ | فرم‌های دیگر ساختار فضایی DNA                      |
| ۲۴ | ساختار سوپر کویل و ریلکس در DNA سلول‌های پروکاریوت |

## فصل دوم: همانندسازی

|    |                                           |
|----|-------------------------------------------|
| ۲۷ | مقدمه                                     |
| ۲۷ | ویژگی نیمه حفاظتی                         |
| ۲۹ | ویژگی نیمه پیوسته بودن                    |
| ۳۰ | ویژگی دو جهتی                             |
| ۳۱ | ژنوم پروکاریوت‌ها                         |
| ۳۱ | - DNA پروکاریوتی                          |
| ۳۱ | - پلازمید                                 |
| ۳۲ | همانندسازی در پروکاریوت‌ها                |
| ۳۲ | - ویژگی نقطه شروع همانندسازی              |
| ۳۳ | - آنزیم نوکلئاز                           |
| ۳۴ | مرحله شروع همانندسازی                     |
| ۳۶ | مرحله ادامه همانندسازی                    |
| ۳۶ | - شش ویژگی آنزیم‌های DNA پلیمراز          |
| ۳۶ | - انواع آنزیم‌های DNA Polymerase          |
| ۳۹ | مکانیسم همانندسازی نیمه حفاظتی در E. coli |
| ۴۲ | مشکلات مرحله ادامه همانندسازی             |
| ۴۵ | مرحله خاتمه همانندسازی                    |

|    |                                                          |
|----|----------------------------------------------------------|
| ۴۶ | انواع مختلف همانندسازی در سلول‌های پروکاریوتی            |
| ۴۹ | همانندسازی در یوکاریوت‌ها                                |
| ۵۰ | تفاوت‌های DNA در سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی         |
| ۵۱ | ساختار نوکلئوزوم                                         |
| ۵۳ | تفاوت‌های موجود در همانندسازی یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها |
| ۵۳ | ویژگی همانندسازی در یوکاریوت‌ها                          |
| ۵۵ | معرفی آنزیم‌ها در یوکاریوت‌ها                            |
| ۵۷ | چگونگی جدا شدن پرایمر در یوکاریوت‌ها                     |
| ۵۸ | پارادوکس در همانندسازی DNA خطی یوکاریوت‌ها               |

### فصل سوم: جهش

|    |                                                             |
|----|-------------------------------------------------------------|
| ۶۱ | تقسیم‌بندی جهش‌ها                                           |
| ۶۱ | تقسیم‌بندی جهش‌ها از نظر تأثیر بر روی توالی DNA             |
| ۶۳ | تقسیم‌بندی جهش‌ها از نظر تأثیر بر روی توالی ژنی             |
| ۶۵ | تقسیم‌بندی جهش‌ها از نظر تأثیر بر روی ارگانیسم              |
| ۶۶ | مواد جهش‌زا                                                 |
| ۶۶ | - انواع مواد جهش‌زا                                         |
| ۶۷ | دامیناسیون                                                  |
| ۶۸ | ترمیم DNA                                                   |
| ۶۸ | - انواع ترمیم                                               |
| ۷۰ | نحوه تشخیص زنجیره‌ی جدید از زنجیره قدیمی توسط دسته‌ی آنزیمی |

### فصل چهارم: واکنش زنجیره‌ای پلیمرز

|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| ۷۲ | مقدمه                            |
| ۷۳ | الزامات انجام PCR                |
| ۷۴ | مراحل انجام PCR                  |
| ۷۵ | انواع زنجیره‌ها در PCR           |
| ۷۷ | دستگاه ترموسایکلر                |
| ۷۷ | الکتروفورز                       |
| ۸۰ | انواع PCR                        |
| ۸۳ | کاربرد اصلی PCR و زیرشاخه‌های آن |

### فصل پنجم: رونویسی در DNA

|    |                         |
|----|-------------------------|
| ۸۷ | مقدمه                   |
| ۸۷ | انواع RNA ها            |
| ۸۸ | ساختار tRNA             |
| ۸۹ | رونویسی در پروکاریوت‌ها |
| ۹۰ | مرحله شروع رونویسی      |



مشاوره و پشتیبانی

جزوه



تقویت رزومه

نمره زبان MHLE / MSRT



کلاس (گروهی و خصوصی)

آزمون آزمایشی



|     |                                   |
|-----|-----------------------------------|
| ۹۳  | مرحله سنتز                        |
| ۹۵  | مرحله پایان رونویسی               |
| ۱۰۰ | رونویسی در یوکاریوت‌ها            |
| ۱۰۱ | رونویسی ژن‌های کلاس I             |
| ۱۰۲ | رونویسی ژن‌های کلاس II            |
| ۱۰۴ | رونویسی ژن‌های کلاس III           |
| ۱۰۵ | آنتی بیوتیک‌های مهارکننده رونویسی |

## فصل ششم: پردازش RNA

|     |                                               |
|-----|-----------------------------------------------|
| ۱۰۷ | مقدمه                                         |
| ۱۰۷ | پردازش RNA در پروکاریوت‌ها                    |
| ۱۱۰ | انواع آنزیم ریبوزیم                           |
| ۱۱۰ | پردازش RNA پیش‌ساز در پروکاریوت‌ها            |
| ۱۱۲ | تغییرات شیمیایی در مورد tRNA                  |
| ۱۱۳ | پردازش RNA در یوکاریوت‌ها                     |
| ۱۱۴ | مکانیسم‌های اصلی پردازش RNAهای یوکاریوتی      |
| ۱۱۵ | نحوه شناسایی محل اینترون‌ها                   |
| ۱۱۶ | انواع اینترون‌ها                              |
| ۱۱۸ | پردازش tRNA در یوکاریوت‌ها                    |
| ۱۱۸ | پردازش rRNA در یوکاریوت‌ها                    |
| ۱۲۰ | - تغییرات شیمیایی در rRNA یوکاریوت‌ها         |
| ۱۲۰ | پردازش mRNA در یوکاریوت‌ها                    |
| ۱۲۰ | اصلاح شیمیایی در دو انتهای مولکول mRNA        |
| ۱۲۰ | - کلاهک‌گذاری mRNA از انتهای ۵'               |
| ۱۲۲ | - پلی آدنیلایسون mRNA از انتهای ۳'            |
| ۱۲۴ | حذف اینترون‌ها                                |
| ۱۲۴ | - شناسایی برداشتن اینترون‌ها با فعالیت آنزیمی |
| ۱۲۸ | ویرایش mRNA                                   |
| ۱۲۹ | دلیل اهمیت اینترون‌ها                         |
| ۱۳۱ | مقایسه اهمیت RNA و DNA                        |
| ۱۳۱ | ژن‌های کاذب                                   |

## فصل هفتم: ترجمه

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| ۱۳۳ | اعمال پروتئین‌ها در سلول |
| ۱۳۳ | مروری بر سنتز پروتئین‌ها |
| ۱۳۴ | کدان چیست؟               |



مشاوره و پشتیبانی

جزوه



تقویت رزومه

نمره زبان MHLE / MSRT



کلاس (گروهی و خصوصی)

آزمون آزمایشی



|     |                                                                 |
|-----|-----------------------------------------------------------------|
| ۱۳۶ | ویژگی‌های کدان ژنتیکی                                           |
| ۱۴۳ | مرحله پیش شروع ترجمه                                            |
| ۱۴۴ | آنزیم Aminoacyl- tRNAaa synthetase                              |
| ۱۴۷ | ترجمه در پروکاریوت‌ها                                           |
| ۱۴۷ | مرحله شروع ترجمه                                                |
| ۱۵۲ | مرحله ادامه ترجمه                                               |
| ۱۵۵ | مرحله پایان ترجمه                                               |
| ۱۵۶ | انرژی مصرف شده طی فرآیند ترجمه در پروکاریوت‌ها                  |
| ۱۵۶ | ساختار پلی‌زوم                                                  |
| ۱۵۷ | تفاوت‌های موجود در فرآیند ترجمه‌ی سلول‌های یوکاریوت و پروکاریوت |
| ۱۵۹ | ترجمه در یوکاریوت‌ها                                            |
| ۱۶۳ | فاکتورهای شرکت‌کننده در فرآیند ترجمه در سلول‌های یوکاریوتی      |
| ۱۶۳ | تأثیر سن سلول‌ها بر پروتئین‌سازی آن‌ها                          |
|     | <b>فصل هشتم: مهندسی ژنتیک</b>                                   |
| ۱۶۵ | مقدمه                                                           |
| ۱۶۸ | تولید DNA نو ترکیب با استفاده از آنزیم                          |
| ۱۶۹ | سیستم‌های کلون کردن ژن                                          |
| ۱۷۰ | مراحل همسانه‌سازی ژن (کلون کردن ژن)                             |
| ۱۷۲ | آنزیم‌های مهم در مهندسی ژنتیک                                   |
| ۱۷۳ | ژن درمانی                                                       |
| ۱۷۳ | سیستم‌های انتقال ژن                                             |
| ۱۷۴ | انواع حامل‌ها                                                   |
| ۱۷۵ | حامل‌های ویروسی                                                 |
| ۱۷۶ | مهم‌ترین انواع حامل‌های ویروسی                                  |
| ۱۷۶ | - ۱- رتروویروس‌ها                                               |
| ۱۷۸ | - ۲- آدنوویروس‌ها                                               |
| ۱۸۰ | - ۳- ویروس مرتبط با آدنو                                        |
| ۱۸۱ | - ۴- ویروس هرپس سیمپلکس                                         |
| ۱۸۲ | - ۵- حامل‌های واکسینا از خانواده‌ی پاکس ویروس                   |
| ۱۸۳ | - ۶- پروتئین‌های پوششی، نوع کاذبی از حامل‌های ویروسی            |
| ۱۸۴ | - ۷- حامل‌هایی با صلاحیت تکثیر                                  |
| ۱۸۴ | حامل‌های غیر ویروسی                                             |
| ۱۸۵ | روش‌های فیزیکی برای بهبود انتقال ژن هدف                         |
| ۱۸۵ | - ۱- الکتروپوریشن                                               |
| ۱۸۵ | - ۲- تفنگ ژنی                                                   |

|     |                                          |
|-----|------------------------------------------|
| ۱۸۵ | - ۳- سونوپوریشن                          |
| ۱۸۵ | - ۴- مگنتوفکشن                           |
| ۱۸۶ | روش های شیمیایی برای بهبود انتقال ژن هدف |
| ۱۸۶ | - ۱- الیگنو کلوتیدها                     |
| ۱۸۸ | - ۲- لیپوپلکس                            |
| ۱۹۰ | - ۳- پلی پلکس                            |
| ۱۹۱ | - ۴- دندریمرها                           |
| ۱۹۲ | حامل های هیبرید                          |
| ۱۹۳ | انتخاب ژن                                |
| ۱۹۳ | - ۱- خزانه های DNA                       |
| ۱۹۳ | - ۲- خزانه های cDNA                      |
| ۱۹۳ | - ۳- ساخت مصنوعی DNA                     |
| ۱۹۴ | کاربردهای عملی مهندسی ژنتیک              |
| ۱۹۴ | - ۱- واکسن های ویروسی                    |
| ۱۹۴ | - ۲- حیوانات و گیاهان تغییر یافته        |
| ۱۹۴ | - ۳- تولید پروتئین های خاص               |
| ۱۹۵ | - ۴- تخمیرهای میکروبی                    |
| ۱۹۵ | - ۵- بیوتکنولوژی محیط زیست               |

SANABOOK.COM



## فصل اول

# ماده ژنتیک<sup>۱</sup>

اتاق گفتگوی  
خوانندگان این فصل



ارسال نظر  
برای نویسنده و ناشر



<sup>1</sup> Genetic Material



مشاوره و پشتیبانی

جزوه



تقویت رزومه

نمre زبان / MSRT / MHLE



کلاس (گروهی و خصوصی)

آزمون آزمایشی



## مقدمه

هر موجود زنده دارای یک ماده ژنتیکی به نام DNA است که به هنگام تولیدمثل از والدین به فرزندان انتقال می‌یابد. این ماده مسئول تمام خصوصیات آن موجود است. این مولکول حاوی دستورالعمل‌های ژنتیکی می‌باشد که اطلاعات مربوط به رشد، تکامل، عملکرد و تولیدمثل موجودات زنده در آن ذخیره شده است. در واقع وظیفه اصلی آن ذخیره طولانی‌مدت اطلاعات است. اطلاعات در DNA به صورت کدهایی ذخیره می‌شود که از چهار باز آلی به نام‌های آدنین، سیتوزین، گوانین و تیمین تشکیل شده‌اند. ترتیب قرارگیری این بازها همان دستورالعمل‌ها یا کدهای ژنتیکی هستند. کدهای ژنتیکی موجود در مولکول DNA در نهایت برای مواردی چون ساخت پروتئین و مولکول‌های RNA مورد استفاده قرار می‌گیرد.

DNA پلیمری است که مونومر آن نوکلئوتیدها هستند؛ یک نوکلئوتید شامل یک گروه فسفات و یک کربوهیدرات پنج کربنه (دئوکسی‌ریبوز) و یک باز آلی است به طوری که گروه فسفات و باز آلی با پیوند کووالانسی به دو سمت قند متصل هستند؛ و در نهایت نوکلئوتیدها با پیوند فسفو دی‌استر به هم متصل شده و درشت مولکول DNA را پدید می‌آورند (در حالتی که نوکلئوتیدهای دو انتهای رشته نیز پیوند برقرار کنند، DNA حلقوی است)؛ مولکول DNA از دو رشته پلی نوکلئوتیدی تشکیل شده است؛ این دو رشته مکمل، ناهمسو و نامحلول در آب هستند (DNA حلقوی قطبیت ندارد اما هر رشته از DNA خطی دارای قطبیت است). دو رشته پلی نوکلئوتیدی از طریق پیوند هیدروژنی بین بازهای آلی‌شان به هم متصل شده و مولکول DNA را به وجود می‌آورند؛ این دو رشته به دور محوری طولی، مرکزی و فرضی می‌پیچند و به مولکول DNA حالت مارپیچ می‌دهند.

DNA عمده‌تأ در هسته سلول‌ها واقع شده اما به مقدار جزئی در یکی از ارگان‌های داخل سلول به نام میتوکندری نیز وجود دارد که اولی DNA هسته‌ای و دومی DNA میتوکندریایی نامیده می‌شود. برای کشف این مولکول آزمایش‌های بسیاری در طول تاریخ ژنتیک صورت گرفته است. در این فصل به بررسی برخی از این آزمایش‌ها پرداخته می‌شود.

در ابتدا لازم می‌دانیم به تعریف چند اصطلاح رایج که دانستن آن‌ها برای فهم مطالب علم ژنتیک به شما کمک می‌کند بپردازیم:

**ژنوتیپ:** ساختار ژنتیکی یک ژن را گویند که اطلاعات را ذخیره کرده و به طور دقیق از والدین به فرزندان منتقل می‌کند.

**فنوتیپ:** بروز یک ژن (ساختار ژنتیکی) را گویند که رشد و تمایز ارگانیسم را در پی دارد. **جهش:** ساختار ژنتیکی دستخوش تغییراتی می‌شود تا موجودات زنده بتوانند با تغییرات محیط تطبیق یابند. هم‌چنین قبل از مطالعه مباحث کتاب، خوب است که به تفاوت ویژگی‌های سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی توجه داشته باشید:

**سلول پروکاریوتی:** اندازه کوچک، فاقد اندامک غشادار، فاقد هسته سازمان یافته، دارای ریبوزوم‌های کوچک و ساده، ساختار و عملکرد متفاوت تاژک نسبت به سلول‌های یوکاریوتی، دارای رونویسی و همانندسازی متفاوت نسبت به سلول‌های یوکاریوتی، دارای تقسیم سلولی از نوع دوتایی، دارای DNA بدون پوشش

**سلول یوکاریوتی:** اندازه نسبتاً بزرگ، دارای اندامک غشادار، دارای هسته سازمان یافته، دارای ریبوزوم‌های بزرگ و پیچیده، ساختار و عملکرد متفاوت تاژک نسبت به سلول‌های پروکاریوتی، دارای رونویسی و همانندسازی متفاوت نسبت به سلول‌های پروکاریوتی، دارای تقسیم سلولی از نوع میوز و میتوز، دارای کروموزوم

**ساختار کروموزوم متشکل از:**

❖ نوکلئیک اسید (DNA یا RNA)

❖ پروتئین

می‌باشد. توجه داشته باشید که ساختار کروموزوم مختص سلول‌های یوکاریوتی می‌باشد. ازجمله تحقیقات صورت گرفته در جهت کشف ماده ژنتیک می‌توان به آزمایش‌هایی که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود اشاره کرد.

### آزمایش گریت<sup>۱</sup> با باکتری پونموکوک

این آزمایش، به منظور تهیه واکسن علیه باکتری مولد ذات‌الریه انجام شد. نام باکتری مورد مطالعه، استرپتوکوکوس نومونیا<sup>۲</sup> بود که دو سویه (کپسول دار و بدون کپسول) داشت. سویه کپسول دار (III S) بیماری‌زا و سویه بدون کپسول (II R)، غیر بیماری‌زا، می‌باشد. جنس کپسول باکتری از پلی‌ساکارید می‌باشد و دستگاه ایمنی بدن توانایی فاگوسیتوز باکتری‌های کپسول دار را ندارد. در این آزمایش، علت ترانسفورماسیون، معلوم نشد ولی بعدها پژوهشگران عامل ترانسفورماسیون را ماده ژنتیک معرفی کردند.

### ترانسفورماسیون

ترانسفورماسیون، نخستین بار در سال ۱۹۲۸، توسط گریت، مشاهده شد و بعدها در سال ۱۹۴۴، در سطح مولکولی، توسط ایوری و همکارانش (مشخص شد که ماده وراثتی، نوکلئیک اسید (DNA) است.)، مورد بررسی قرار گرفت. در ترانسفورماسیون، یک سلول DNA خارجی موجود در محیط را جذب کرده و آن را با ژنوم خود ترکیب می‌کند.

### شرح آزمایش

در مرحله اول آزمایش، گریت سویه (III S) (کپسول دار و بیماری‌زا) را، که تصور می‌شد کپسول عامل بیماریست، به موش تزریق کرد و مشاهده کرد که تزریق آن سبب مرگ موش می‌شود.

<sup>۱</sup> Frederick Griffith

<sup>۲</sup> Streptococcus pneumonia



مشاوره و پشتیبانی

جزوه



تقویم رزومه

نمره زبان MHLE / MSRT



کلاس (گروهی و خصوصی)

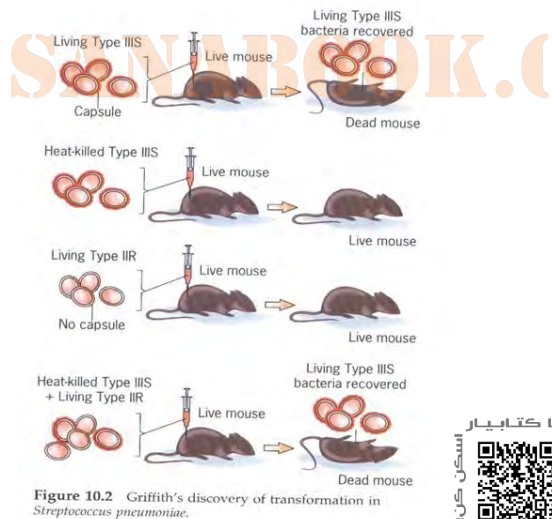
آزمون آزمایشی



در مرحله دوم آزمایش، مجدداً سویه (III S) را به موش تزریق کرد، با این تفاوت که ابتدا باکتری‌ها را تحت حرارت قرارداد و به اصطلاح آن‌ها را کشت سپس به موش تزریق کرد و مشاهده کرد که موش زنده ماند. در مرحله سوم آزمایش، سویه بدون کپسول و غیر بیماری‌زا (II R) را که علت غیربیماری‌زایی آن را نمی‌دانستند به موش تزریق کرد و مشاهده کرد که موش زنده می‌ماند. در مرحله چهارم، سویه (III S) حرارت دیده را به همراه سویه (II R) ابتدا در یک محیط کشت، کشت داد و سپس به موش تزریق کرد که نتیجه آن مرگ موش‌ها بود. همچنین در جسد موش‌ها باکتری‌های زنده سویه (III S) نیز مشاهده شد.

### نتیجه

تا مرحله سوم آزمایش، این موضوع مشخص شد که باکتری کپسول دار بیماری‌زا و باکتری بدون کپسول، غیر بیماری‌زا می‌باشد. نتیجه غیرمنتظره و اصلی‌ترین یافته، در مرحله چهارم مشاهده شد. دریافت خون موش مرده مرحله چهارم را بررسی کرد و در آن تعدادی باکتری کپسول دار زنده یافت. این مشاهده بیانگر این مسئله بود که در تعدادی از باکتری‌های بدون کپسول، ترانسفورماسیون، رخ داده است و این باکتری‌ها به نوع کپسول دار، تبدیل شده و باعث مرگ موش شده‌اند؛ بنابراین نتیجه حاصل از این آزمایش این‌گونه بیان شد که عاملی که اطلاعات و دستورالعمل‌های ساخت کپسول را دارد، از باکتری‌های کپسول دار مرده به باکتری‌های بدون کپسول زنده، منتقل شده و به آن‌ها توانایی ایجاد کپسول داده است. (شکل ۱-۱) در آن زمان این عامل که نوکلئیک اسید بود، کشف نشده بود، اما این مشاهدات، پایه و آغازی، برای کشف ماده ژنتیک شد.



شکل ۱-۱ آزمایش‌های دریافت و کشف پدیده ترانسفورماسیون

### آزمایش ایوری و مکلود و مکاری<sup>۱</sup>

این آزمایش، یکی از مهم‌ترین آزمایش‌ها در تاریخ زیست‌شناسی است که به شناسایی عامل ترانسفورماسیون انجامید و ماهیت ماده ژنتیک را آشکار ساخت.

ایوری و همکارانش، می‌دانستند که در سلول، ۴ گروه اصلی از مواد آلی وجود دارد و این مواد عبارتند از: کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها پس عامل ترانسفورماسیون باید یکی از این ۴ گروه می‌بود.

ایوری و همکارانش در آن زمان، آنزیم‌های تخریب‌کننده‌ی این چهار گروه از مواد آلی را نیز در اختیار داشتند. آنها ابتدا سویه (II R) باکتری را در کشت دادند و مشاهده کردند که تمام کلنی‌های تشکیل یافته از نوع سویه (II R) می‌باشد.

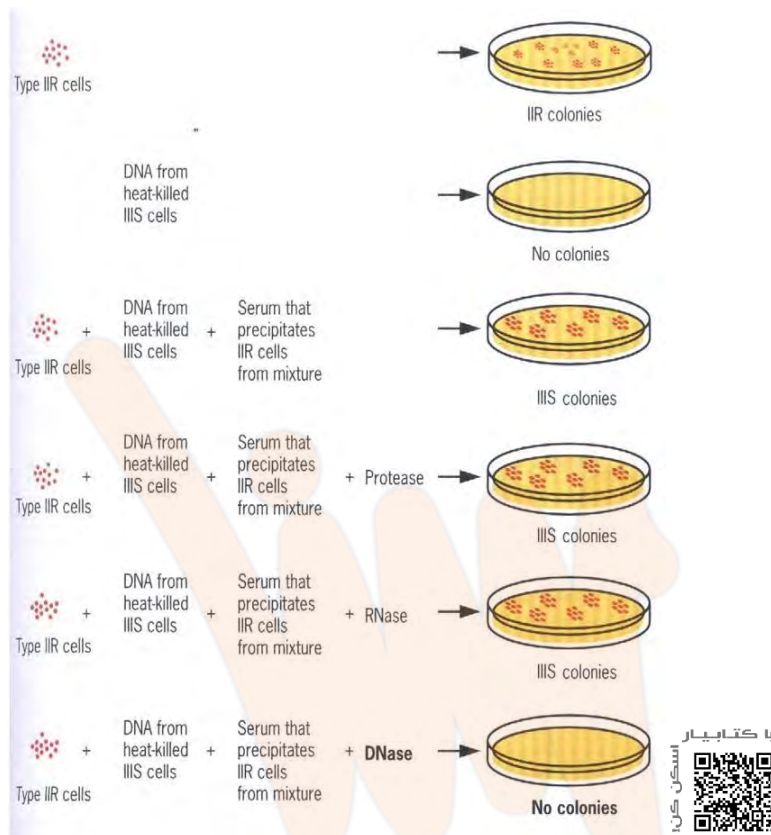
سپس، عصاره‌ی سلولی باکتری کپسول دار (III S) کشته شده را استخراج کردند. (این عصاره حاوی همه‌ی مواد شیمیایی درون باکتری بود) آن‌ها عصاره را کشت دادند و مشاهده کردند که هیچ کلنی‌ای در محیط کشت ایجاد نشد؛ بنابراین مطمئن شدند که تمام باکتری کپسول دار (III S) در اثر حرارت کشته شده‌اند.

آنها عصاره‌ی سلولی باکتری کپسول دار (III S) کشته شده را به همراه باکتری بدون کپسول زنده (II R) و مقداری سرم (سرم به باکتری بدون کپسول زنده (II R) که ترانسفورماسیون نیافته‌اند متصل می‌شود و آن‌ها را به کف ظرف محیط کشت منتقل می‌کند و باعث مرگ آنها می‌شود) در محیط کشت قرار دادند. در نتیجه این آزمایش مشاهده کردند که باکتری بدون کپسول زنده (II R) وادار به ترانسفورماسیون شد به طوری که در سطح محیط کشت تنها باکتری کپسول دار (III S) مشاهده شد.

در ادامه آزمایشات دیگری انجام شد که در آنها از همان مواد موجود در آزمایش قبلی استفاده شد به علاوه آنزیم‌های تخریب‌کننده‌ی چهار گروه مواد آلی که در اختیار داشتند. از جمله این آنزیم‌ها پروتئازها و RNase ها و DNase ها که به ترتیب بر پروتئین‌ها، RNA ها و DNA ها اثر تخریبی دارند را به محیط کشت اضافه کردند و مشاهده شد که تنها در صورت اضافه کردن DNase به محیط کشت کلنی باکتری کپسول دار (III S) تشکیل نمی‌شود. بنابراین DNA، اطلاعات و دستورالعمل‌های لازم برای ساخت کپسول را به باکتری بدون کپسول منقل می‌کرد. در نتیجه، این آزمایشات منجر به کشف عامل ترانسفورماسیون شد.

آنها برای تحکیم ادعای خود، عصاره‌ی سلولی باکتری کپسول دار (III S) کشته شده را تهیه کردند و به باکتری بدون کپسول زنده (II R) اضافه کردند و مشاهده کردند این باکتری‌ها ترانسفورماسیون انجام داده و به فرم کپسول دار (III S) تبدیل شدند. (شکل ۱-۲)

<sup>1</sup> The Avery, McLeod and McCarty's experiment



شکل ۱-۲ آزمایش ایوری و همکارانش که منجر به کشف عامل ترانسفورماسیون شد.

## آزمایش هرشی و چیس<sup>۱</sup>

این دو دانشمند به منظور اثبات اینکه DNA (و نه پروتئین) ماده ژنتیکی است، این آزمایش را انجام دادند. تا آن زمان، تعداد کمی از دانشمندان بر این باور بودند که مولکول‌های پروتئینی، مسئول انتقال اطلاعات ژنتیکی به نسل‌های بعد می‌باشند و DNA، به دلیل اینکه در هسته قرار دارد و به عنوان ذخیره کننده ی فسفر در نظر گرفته می‌شد، به همین دلیل آلفرد هرشی به همراه مارتا چیس، سری آزمایشاتی را که در ادامه گفته می‌شود، انجام دادند:

آنها برای انجام این آزمایش از باکتریوفاژ T2، استفاده کردند. باکتریوفاژها ویروس‌هایی هستند که میزبان آنها انواع مختلفی از باکتری‌ها مانند باکتری اشرشیا کلای و غیره می‌باشد، این ویروس‌ها پوششی از جنس پروتئین در اطراف مولکول‌های DNA و یا RNA خود دارند. آنها در این آزمایش از فاژهای DNA دار استفاده کردند.

<sup>1</sup> The Hershey and Chase's experiment