

همسانه‌سازی ژن و آنالیز DNA

ویراست ششم ۲۰۱۰

نویسنده:

T.A.BROWN

مترجمین:

داریوش غلامی

استادیار دکتري بیوشیمی دانشگاه تهران

زینب امروزی

دانشجوی دکتري ژنتیک مولکولی پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست‌فناوری

مصلح محمدی‌اد

دانشجوی دکتري بیوفیزیک دانشگاه تهران

ویراستار علمی:

داریوش غلامی

زیر نظر:

دکتر سعید امین‌زاده

هیئت علمی پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست‌فناوری

مقدمه نویسنده

در جریان چهار سال بعد از ویرایش پنجم کتاب *Gene Cloning and DNA Analysis*، سعی ما بر آن بوده است که در این ویرایش مطالب کامل‌تری و جدیدتری را در مورد روش‌های تعیین توالی DNA (مثل روش پیروسکانسینگ) به مطالب کتاب اضافه کنیم. علاوه بر افزودن این تکنیک‌های جدید، در این ویرایش به طور کامل مواد لازم برای تعیین توالی DNA و اطلاعات مربوط به آن‌ها را (هم روش‌ها و هم کاربرد آن‌ها) در یک بخش جدا بازنویسی کرده‌ایم. این تقسیم‌بندی ما را قادر ساخت که سایر فصل‌ها را به روش‌های بعد از تعیین توالی که برای مطالعه ژنوم بکار می‌روند، اختصاص دهیم. من امیدوارم که توانسته باشم به نحو بهتری جنبه‌های تنوع ژنومیک و بعد از ژنومیک را نسبت به ویرایش قبلی ارائه کرده باشم.

یکی از پیشرفت‌های مهم در چند سال اخیر ظهور *Real-time PCR* به عنوان وسیله‌ای جهت شمارش DNAهای موجود در یک نمونه بوده است که این تکنیک در قسمتی از فصل ۹ توضیح داده شده است. از سوی دیگر، در قسمت‌های مختلفی از کتاب، مطالبی را از جمله معرفی روش‌های بر پایه توپوایزومراز برای اتصال انتهای صاف در فصل ۱۱ با این ویرایش افزوده‌ام. ویرایش ششم از لحاظ حجم مطالب در حدود دو برابر ویرایش اول می‌باشد، اما در همان ویرایش‌ها از فلسفه‌ی یکسانی برای ارائه مطالب استفاده شده است. مطالب آن به طوری بیان شده است که فرض ما بر آن بوده، خواننده این کتاب هیچ اطلاعات پیشینی در مورد تکنیک‌های مورد استفاده در مطالعات ژنومیک ندارد. در پایان از Nigel Balmforth و Andy Slade، انتشارات Wiley-Blackwell که من را در چاپ این کتاب یاری کرده‌اند، تشکر می‌کنم. همچنین از همسر من که حمایت‌های بی‌پایانش در نوشتن این کتاب مرا حامی بوده است، تشکر می‌کنم.

T.A. Brown

Faculty of Life Sciences

University of Manchester

با پاکترین ستایش‌ها به آستان پروردگار بزرگ که به ما توفیقی عنایت فرمود که در پیشبرد علم و دانش گامی هرچند ناچیز برداریم و قسمت کوچکی از وظیفه خود را نسبت به این مرز و بوم و دانش بشریت عطا نمائیم.

مهندسی ژنتیک، به مجموعه روش‌هایی گفته می‌شود که به منظور بیان یک ژن خاص در یک میزبان به کار می‌روند و نهایتاً منجر به بروز یک صفت خاص و یا تولید محصول مورد نظر می‌شوند. ظرافت و پیچیدگی مهندسی ژنتیک زمانی ملموس‌تر می‌شود که در یک سلول کوچک عظمت بی‌بدیل خالق هستی را می‌توان یافت. کاربردهای مهندسی ژنتیک تقریباً نامحدود بنظر می‌رسد. امروزه دانش و فن مهندسی ژنتیک و بیولوژی مولکولی در عرصه‌های بسیار متنوع مانند کشاورزی، تغذیه و مواد غذایی، دامپرووری، شاخه‌های مختلف علوه پزشکی و صنایع دارویی، صنایع تخمیری، صنایع نظامی، انرژی، محیط‌زیست و بهداشت، استفاده‌های بسیار ارزشمندی پیدا کرده‌است.

کتاب حاضر ششمین ترجمه کتاب Gene Cloning and DNA Analysis نوشته پروفیسور T. A. Brown است. که بارها ترجمه شده و از جمله جامع‌ترین و بهترین کتاب‌ها در زمینه مهندسی ژنتیک می‌باشد. به جرأت می‌توانیم بگوییم که یکی از کتاب‌هایی که مطالعه آن تأثیر فوق‌العاده‌ای بر ما گذاشت و ما را عمیقاً به فکر فرو برد؛ این کتاب بوده است. چاپ این اثر مورد استقبال بسیاری از علاقه‌مندان و محققین قرار گرفت و بارها ترجمه و تجدید چاپ شد. در چاپ حاضر سعی شده است که آخرین ویرایش‌ها و بی‌نقص‌ترین ترجمه ارائه گردد.

در ترجمه کتاب سعی شده است تا حد امکان اصطلاحات و تعابیر رایج در این حوزه به فارسی برگردانده شوند. البته مترجمان، در این مسیر با دشواری‌هایی نیز رو به‌رو بوده‌اند. بدیهی است با توجه به اینکه گروه مترجمان تمام تلاش خود را در برگردان فارسی اعمال نموده‌اند؛ متن حاضر ممکن است خالی از اشکال نباشد که امید است با دریافت نقطه نظرات و راهنمایی‌های ارزشمند استادان محترم برطرف گردد.

فهرست

- بخش I / اصول پایه‌ای همسانه‌سازی ژن و آنالیز DNA ۱۰
- فصل اول / چرا همسانه‌سازی ژن و آنالیز DNA دارای اهمیت است؟ ۱۰
- ۱-۱. پیشرفت‌های اولیه در علم ژنتیک ۲
- ۲-۱. ظهور همسانه‌سازی ژن و واکنش زنجیره‌ای پلیمرز ۳
- ۳-۱. همسانه‌سازی ژن چیست ۴
- ۴-۱. PCR چیست ۶
- ۵-۱. چرا همسانه‌سازی ژن PCR با این حد اهمیت دارند؟ ۷
- ۱-۵-۱. بدست آوردن نمونه‌های با همسانه‌سازی ۸
- ۲-۵-۱. PCR برای تخلیص یک نمونه کاربرد دارد ۱۰
- ۶-۱. چگونه مسیر خود را در این کتاب بیابید؟ ۱۲
- فصل دوم / حامل‌های همسانه‌سازی ژن: پلازمیدها و باکتریوفازها ۱۴
- ۱-۲. پلازمید ۱۵
- ۱-۱-۲. اندازه و تعداد نسخه ۱۷
- ۲-۱-۲. هم‌یوگی و سازگاری ۱۸
- ۳-۱-۲. رده‌بندی پلازمیدها ۲۰
- ۴-۱-۲. پلازمیدهای موجود در موجوداتی به جز باکتری‌ها ۲۰
- ۲-۲. باکتریوفاز ۲۱
- ۱-۲-۲. چرخه آلودگی فاز ۲۲
- ۲-۲-۲. فازهای لیزوژن ۲۳
- ۳-۲-۲. ویروس‌ها به عنوان حامل‌های همسانه‌سازی در سایر موجودات زنده ۳۰
- فصل سوم / تخلیص DNA از سلول‌های زنده ۳۱
- ۱-۳. آماده‌سازی DNA تام سلول ۳۲
- ۱-۱-۳. رشد و برداشت باکتری‌ها ۳۳
- ۲-۱-۳. آماده‌سازی عصاره‌ی سلولی ۳۶
- ۳-۱-۳. تخلیص DNA از عصاره‌ی سلولی ۳۷

۴۱.....	۳-۱-۴. تغلیظ نمونه‌های DNA
۴۲.....	۳-۱-۵. اندازه‌گیری غلظت DNA
۴۳.....	۳-۱-۶. سایر روش‌های آماده‌سازی DNA تام سلول
۴۵.....	۳-۲. آماده‌سازی DNA پلازمید
۴۶.....	۳-۲-۱. جداسازی بر اساس اندازه
۴۸.....	۳-۲-۲. جداسازی بر اساس ساختمان فضایی
۵۲.....	۳-۲-۳. تکثیر پلازمید
۵۳.....	۳-۳. آماده‌سازی DNA باکتریوفاز
۵۴.....	۳-۳-۱. کشت باکتری‌ها جهت دستیابی به مقادیر زیادی λ
۵۵.....	۳-۳-۲. آماده‌سازی رهای λ غیر لیزوژن
۵۶.....	۳-۳-۳. جمع‌آوری فارما از تست الی
۵۷.....	۳-۳-۴. تخلیص DNA از درت λ
۵۸.....	۳-۳-۵. تخلیص DNA فاز M13: کم مشکل و آج است
۶۰.....	فصل چهارم / دستکاری DNA تخلیص شده
۶۲.....	۴-۱. گستره‌ی آنزیم‌های دستکاری DNA
۶۳.....	۴-۱-۱. نوکلئاز
۶۵.....	۴-۱-۲. لیگاز
۶۶.....	۴-۱-۳. پلیمراز
۶۸.....	۴-۱-۴. آنزیم‌های تغییردهنده‌ی DNA
۶۹.....	۴-۲. آنزیم‌هایی برای برش DNA - اندونوکلیزهای محدودکننده
۷۱.....	۴-۲-۱. کشف و عملکرد اندونوکلیزهای محدودکننده
۷۲.....	۴-۲-۲. اندونوکلیزهای محدودکننده نوع II، DNA را در توالی‌های نوکلئوتیدی خاصی برش می‌دهند
۷۳.....	۴-۲-۳. انتهاهای صاف و چسبنده
۷۴.....	۴-۲-۴. فراوانی توالی‌های شناسایی در مولکول DNA
۷۶.....	۴-۲-۵. انجام برش با آنزیم‌های محدودکننده در آزمایشگاه
۷۸.....	۴-۲-۶. آنالیز نتایج شکست اندونوکلیز محدودکننده
۸۱.....	۴-۲-۷. تخمین اندازه‌ی مولکول‌های DNA

۸۳.....	۸-۲-۴. نقشه‌یابی محل جایگاه‌های برش آنزیم‌های محدودکننده در مولکول DNA
۸۶.....	۹-۲-۴. روش‌های ژل الکتروفورز خاص جهت جداسازی مولکول‌های بزرگتر
۸۹.....	۳-۴. اتصال مولکول‌های DNA به یکدیگر
۸۹.....	۱-۲-۴. نحوه‌ی عملکرد DNA لیگاز
۹۰.....	۲-۲-۴. انتهای چسبنده کارایی اتصال را افزایش می‌دهند
۹۱.....	۳-۲-۴. قرار دادن انتهای چسبنده در مولکول‌های با انتهای صاف
۹۸.....	۴-۲-۴. اتصال انتهای صاف توسط DNA توپوایزومراز
۱۰۱.....	فصل پنجم / ورود DNA درون سلول‌های زنده
۱۰۵.....	۱-۵. ترانسفورماسیون جذب DNA توسط سلول‌های باکتریایی
۱۰۵.....	۱-۱-۵. همه‌ی سویه‌های باکتریایی در انتخاب DNA بطور یکسان کارآمد نیستند
۱۰۶.....	۲-۱-۵. تهیه‌ی سلول‌های <i>E. coli</i> مستعد
۱۰۶.....	۳-۱-۵. انتخاب سلول‌های ترانسفورم شد
۱۰۹.....	۲-۵. شناسایی نوترکیب‌ها
۱۰۹.....	۱-۲-۵. انتخاب نوترکیب توسط pBR۳۲۲ - غیرفعال‌سازی الی ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک
۱۱۱.....	۲-۲-۵. غیرفعال‌سازی الحاقی همیشه دربردارنده‌ی مقاومت به آنتی‌بیوتیک نمی‌باشد
۱۱۴.....	۳-۵. ورود DNA فاز به درون سلول‌های باکتریایی
۱۱۴.....	۱-۳-۵. ترانسفکشن
۱۱۵.....	۲-۲-۵. بسته‌بندی in vitro حامل‌های همسانه‌سازی λ
۱۱۷.....	۳-۳-۵. آلودگی فاز بصورت پلاک‌هایی روی محیط آگار مشاهده می‌شود
۱۱۸.....	۴-۵. شناسایی فازهای نوترکیب
۱۱۸.....	۱-۴-۵. غیرفعال‌سازی الحاقی ژن <i>LacZ</i> در حامل فازی
۱۱۹.....	۲-۴-۵. غیرفعال‌سازی الحاقی ژن <i>cI</i> در λ
۱۱۹.....	۳-۴-۵. انتخاب از طریق فنوتیپ <i>Spi</i>
۱۲۰.....	۴-۴-۵. انتخاب بر اساس اندازه ژنوم λ
۱۲۰.....	۵-۵. ورود DNA به درون سلول‌های غیرباکتریایی
۱۲۱.....	۱-۵-۵. ترانسفورماسیون سلول‌های منفرد
۱۲۳.....	۲-۵-۵. ترانسفورماسیون ارگانیسم کامل

فصل ششم / حامل‌های همسانه‌سازی برای باکتری <i>E. coli</i>	۱۲۴
۱-۶. حامل‌های همسانه‌سازی بر پایه‌ی پلازمیدهای <i>E. coli</i>	۱۲۶
۱-۱-۶. نامگذاری حامل‌های پلازمیدی همسانه‌سازی.....	۱۲۶
۲-۱-۶. ویژگی‌های قابل استفاده pBR۳۲۲.....	۱۲۶
۳-۱-۶. اشتقاق pBR۳۲۲.....	۱۲۸
۴-۱-۶. حامل‌های پلازمیدی پیچیده‌تر <i>E. coli</i>	۱۲۹
۲-۶. حامل‌های همسانه‌سازی بر پایه‌ی باکتریوفاژ M۱۳.....	۱۳۴
۱-۲-۶. چگونگی ایجاد یک حامل همسانه‌سازی فاژ.....	۱۳۴
۲-۲-۶. حامل‌های دارای پلازمید - M۱۳.....	۱۳۷
۳-۶. حامل‌های همسانه‌سازی بر پایه‌ی باکتریوفاژ λ	۱۳۹
۱-۳-۶. بخش‌هایی از روم λ را می‌توان بدون تخریب زیستایی آن حذف نمود.....	۱۴۰
۲-۳-۶. انتخاب طبیعی برای همسانه‌سازی λ بر مبنای پشته‌ها که فاقد جایگاه‌های محدودکننده‌ی خاص می‌باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد.....	۱۴۱
۳-۳-۶. حامل‌های الحاقی و جایگزینی.....	۱۴۲
۴-۳-۶. همسانه‌سازی با حامل‌های الحاقی یا جایگزینی.....	۱۴۵
۵-۳-۶. قطعات طولی DNA با استفاده از کارمید همسانه‌سازی می‌شوند.....	۱۴۶
۴-۶. حامل‌های λ و سایر حامل‌ها با قابلیت بالا باعث ساخت کتابخانه‌های ژنومی شده‌اند.....	۱۴۸
۵-۶. حامل‌هایی برای سایر باکتری‌ها.....	۱۴۹
فصل هفتم / حامل‌های همسانه‌سازی برای یوکاریوت‌ها.....	۱۵۱
۱-۷. حامل‌هایی برای مخمر و سایر قارچ‌ها.....	۱۵۲
۱-۱-۷. نشانگرهای قابل انتخاب برای پلازمید $2\mu\text{M}$	۱۵۳
۲-۱-۷. حامل‌های بر پایه‌ی پلازمید $2\mu\text{M}$ - پلازمیدهای اپیزومی مخمر.....	۱۵۴
۳-۱-۷. YE۲ می‌تواند درون DNA کروموزومی وارد شود.....	۱۵۶
۴-۱-۷. سایر انواع حامل‌های همسانه‌سازی مخمر.....	۱۵۶
۵-۱-۷. کروموزوم‌های مصنوعی برای همسانه‌سازی قطعات DNA در مخمر استفاده می‌شود.....	۱۵۹
۶-۱-۷. حامل‌هایی برای سایر مخمرها و قارچ‌ها.....	۱۶۳
۲-۷. حامل‌های همسانه‌سازی برای گیاهان عالی.....	۱۶۴

۱۶۴	۷-۲-۱. آگروباکتریوم فاسینس - کوچکترین مهندسی ژنتیک طبیعت
۱۷۱	۷-۲-۲. همسانه‌سازی ژن‌ها در گیاهان با انتقال مستقیم ژن
۱۷۴	۷-۲-۳. تلاش‌هایی در جهت استفاده از ویروس‌های گیاهی بعنوان حامل‌های همسانه‌سازی
۱۷۶	۷-۳-۱. حامل‌های همسانه‌سازی برای حیوانات
۱۷۷	۷-۳-۱. حامل‌های همسانه‌سازی برای حشرات
۱۷۹	۷-۳-۲. همسانه‌سازی در پستانداران
۱۸۴	فصل هشتم / چگونگی دستیابی به یک کلون از ژنی خاص
۱۸۵	۸-۱-۱. مشکل انتخاب
۱۸۶	۸-۱-۱. دو روش اصلی دستیابی به کلون مورد نظر وجود دارد
۱۸۷	۸-۲-۱. انتخاب مستقیم
۱۸۹	۸-۲-۱. شاخص‌های رهایی‌بخش گسسته‌ای استفاده از انتخاب مستقیم را افزایش می‌دهند
۱۹۰	۸-۲-۲. محدوده و محدودیت‌های شاخص‌های رهایی‌بخش
۱۹۱	۸-۳-۱. شناسایی کلون از کتابخانه‌ی ژنی
۱۹۲	۸-۳-۱. کتابخانه‌های ژنی
۱۹۳	۸-۳-۲. همه‌ی ژن‌ها در یک زمان بیان نمی‌شوند
۱۹۴	۸-۳-۳. mRNA می‌تواند بصورت DNA مکمل همسانه‌سازی شود
۱۹۵	۸-۴-۱. روش‌های شناسایی کلون
۱۹۶	۸-۴-۱. رشته‌های نوکلئیک اسیدی مکمل با یکدیگر هیبرید می‌شوند
۱۹۷	۸-۴-۲. هیبریداسیون کاوشگر در کلتی و پلاک
۲۰۳	۸-۴-۳. نمونه‌هایی از کاربرد کاوشگر هیبریداسیون
۲۱۲	۸-۴-۴. روش‌های شناسایی بر پایه‌ی ردیابی محصول ترجمه‌ی ژن کلون شده
۲۱۶	فصل نهم / واکنش زنجیره‌ای پلیمرز
۲۱۷	۹-۱. خلاصه‌ی واکنش زنجیره‌ای پلیمرز
۲۲۱	۹-۲. بررسی PCR با جزئیات بیشتر
۲۲۱	۹-۲-۱. طراحی پرایمرهای اولیگونوکلئوتیدی برای PCR
۲۲۴	۹-۲-۲. تعیین دمای صحیح برای استفاده در PCR
۲۲۶	۹-۳. پس از انجام PCR: بررسی محصولات PCR

۲۲۷	۱-۳-۹. ژل الکتروفورز محصولات PCR.....
۲۲۹	۲-۳-۹. همسانه‌سازی محصولات PCR.....
۲۳۱	۳-۳-۹. مشکلات حاصل از میزان خطا در Taq پلیمراز.....
۲۳۲	۴-۹. Real-time PCR باعث کمی‌سازی مقدار ماده آغازکننده می‌شود.....
۲۳۳	۱-۴-۹. انجام PCR کمی.....
۲۳۵	۲-۴-۹. Real-time PCR می‌تواند مقدار RNA را نیز تعیین کند.....
۲۳۷	بخش II / کاربردهای همسانه‌سازی ژن و آنالیز DNA در تحقیقات.....
۲۳۸	فصل دهم / توالی‌یابی ژن و ژنوم.....
۲۴۰	۱-۱۰. روش شناسی توالی‌یابی DNA.....
۲۴۰	۱-۱۰. توالی‌یابی DNA به روش خاتمه‌ی زنجیره.....
۲۴۷	۲-۱۰. پیروسکانسیمت.....
۲۵۱	۲-۱۰. چگونگی توالی‌یابی ژنوم.....
۲۵۳	۱-۲-۱۰. روش شاتگان در توالی‌یابی ژنوم.....
۲۵۷	۲-۲-۱۰. روش همسانه کانتینگ.....
۲۶۱	۳-۲-۱۰. استفاده از نقشه برای کمک به سرهم‌بندی توالی.....
۲۶۷	فصل یازدهم / مطالعه بیان و عملکرد ژن‌ها.....
۲۷۰	۱-۱۱. مطالعه‌ی رونوشت RNA ی یک ژن.....
۲۷۰	۱-۱۱. ردیابی وجود رونوشت و تعیین توالی نوکلئوتیدی آن.....
۲۷۲	۲-۱۱. نقشه‌یابی رونوشت از طریق هیبریداسیون بین ژن و RNA.....
۲۷۵	۳-۱۱. آنالیز رونوشت از طریق گسترش پرایمر.....
۲۷۶	۴-۱۱. آنالیز رونوشت از طریق PCR.....
۲۷۷	۲-۱۱. مطالعه‌ی تنظیم بیان ژن.....
۲۷۹	۱-۲-۱۱. شناسایی جایگاه‌های اتصال پروتئین به مولکول DNA.....
۲۸۵	۲-۲-۱۱. شناسایی توالی‌های کنترلی از طریق آنالیز حذفی.....
۲۸۸	۳-۱۱. شناسایی و مطالعه‌ی محصولات ترجمه‌ای یک ژن کلون شده.....
۲۸۹	۱-۳-۱۱. HRT و HART می‌توانند محصول ترجمه‌ای یک ژن کلون شده را شناسایی کنند.....
۲۹۱	۲-۳-۱۱. لیز پروتئین‌ها از طریق جهش‌زایی in vitro.....

فصل دوازدهم / مطالعه ژنوم..... ۲۹۸

۱-۱۲. تفسیر ژنوم..... ۳۰۰

۱-۱-۱۲. شناسایی ژن‌ها در توالی ژنوم..... ۳۰۰

۲-۱-۱۲. تعیین عملکرد یک ژن ناشناخته..... ۳۰۷

۲-۱۲. مطالعات ترانسکریپتوم و پروتئوم..... ۳۱۲

۱-۲-۱۲. مطالعه‌ی ترانسکریپتوم..... ۳۱۲

۲-۲-۱۲. مطالعه‌ی پروتئوم..... ۳۱۷

۳-۲-۱۲. مطالعه‌ی هم‌کنش‌های پروتئین - پروتئین..... ۳۲۱

بخش III / کاربردهای هم‌پایه‌سازی و آنالیز DNA در بیوتکنولوژی..... ۳۲۵

فصل سیزدهم / تولید پروتئین در هم‌پایه‌سازی شده..... ۳۲۶

۱-۱۳. حامل‌های اختصاصی بیان ژن‌های بیگانه در *E. coli*..... ۳۳۰

۱-۱-۱۳. پروموتور جزء مهم یک حامل بیان است..... ۳۳۲

۲-۱-۱۳. کاست‌ها و ترکیب‌های ژنی..... ۳۳۶

۲-۱۳. مشکلات رایج تولید پروتئین نوترکیب در *E. coli*..... ۳۴۰

۱-۲-۱۳. مشکلات ناشی از توالی ژن بیگانه..... ۳۴۰

۲-۲-۱۳. مشکلات حاصل از *E. coli*..... ۳۴۲

۳-۱۳. تولید پروتئین نوترکیب با استفاده از سلول‌های یوکاریوتی..... ۳۴۳

۱-۳-۱۳. پروتئین‌های نوترکیب حاصل از مخمر و قارچ رشته‌ای..... ۳۴۴

۲-۳-۱۳. استفاده از سلول‌های جانوری به منظور تولید پروتئین نوترکیب..... ۳۴۷

۳-۳-۱۳. فارمینگ - پروتئین‌های نوترکیب حاصل از جانوران و گیاهان زنده..... ۳۵۰

فصل چهاردهم / هم‌پایه‌سازی ژن‌ها و آنالیز DNA در پزشکی..... ۳۵۵

۱-۱۴. تولید داروهای نوترکیب..... ۳۵۶

۱-۱-۱۴. انسولین نوترکیب..... ۳۵۷

۲-۱-۱۴. سنتز هورمون‌های رشد انسانی در *E. coli*..... ۳۶۰

۳-۱-۱۴. فاکتور VIII نوترکیب..... ۳۶۲

۴-۱-۱۴. سنتز سایر پروتئین‌های انسانی نوترکیب..... ۳۶۴

۵-۱-۱۴. واکسن‌های نوترکیب..... ۳۶۵

۳۷۰	 شناسایی زن های دخیل در بیماری های انسانی
۳۷۲	 ۱-۲-۱۴. چگونگی شناسایی یک زن در بیماری ژنتیکی
۳۷۷	 ۳-۱۴. زن درمانی
۳۷۷	 ۱-۳-۱۴. زن درمانی برای بیماری های ارثی
۳۷۹	 ۲-۲-۱۴. زن درمانی و سرطان
۳۸۱	 ۳-۳-۱۴. جنبه های اخلاقی زن درمانی
۳۸۳	فصل پانزدهم / همسانه سازی زن و آنالیز DNA در کشاورزی
۳۸۵	 ۱-۱۵. گیاهانی که حشره کش مورد نیاز خود را می سازند
۳۸۵	 ۱-۱-۱۵. گیاهانی که حشره کش مورد نیاز خود را می سازند
۳۹۴	 ۲-۱-۱۵. محصولات باوم به علفکش
۳۹۷	 ۳-۱-۱۵. سایر پروژه های افزاین زن
۳۹۹	 ۲-۱۵. حذف زن
۳۹۹	 ۱-۲-۱۵. RNA آنتی سنس و مهندسی رسد ن گوی رنگی
۴۰۳	 ۲-۲-۱۵. مثال هایی دیگر از کاربرد RNA آنتی سنس در گیاهان مهندسی شده
۴۰۴	 ۳-۱۵. مشکلات گیاهان مهندسی شده
۴۰۴	 ۱-۳-۱۵. مسائل ایمنی مرتبط با نشانگرهای قابل انتخاب
۴۰۶	 ۲-۳-۱۵. تکنولوژی خاتمه گر
۴۱۰	فصل شانزدهم / همسانه سازی زن و آنالیز DNA در علوم جنایی و باستان شناسی
۴۱۱	 ۱-۱۶. آنالیز DNA در شناسایی مظنونین جرم
۴۱۲	 ۱-۱-۱۶. انگشت نگاری ژنتیکی از طریق هیبریداسیون کاوشگر
۴۱۳	 ۲-۱-۱۶. تعیین نمایه DNA از طریق PCR تکرارهای پشت سرهم کوتاه
۴۱۶	 ۲-۱۶. بررسی خویشاوندی با استفاده تعیین نمایه DNA
۴۱۶	 ۱-۲-۱۶. افراد خویشاوند پروفایل DNA مشابهی دارند
۴۱۷	 ۲-۲-۱۶. تعیین نمایه DNA و بقایای رومانوها
۴۲۱	 ۳-۱۶. تعیین جنسیت از طریق آنالیز DNA
۴۲۲	 ۱-۳-۱۶. PCR هدفدار در توالی های اختصاصی کروموزوم Y
۴۲۳	 ۲-۳-۱۶. PCR زن آمپلورین

- ۴-۱۶. آرکنوزنتیک- استفاده از DNA برای مطالعه پیشینه بشر..... ۴۲۶
- ۴-۱۶-۱ خاستگاه انسان‌های امروزی..... ۴۲۶
- ۴-۱۶-۲. DNA برای مطالعه‌ی مهاجرت انسان‌های ماقبل تاریخ نیز استفاده میشود..... ۴۳۰

www.ketab.ir