

۲۲۸۲۰۹۹

به نام آن که جان را فکرت آموخت
چراغ دل به نور جان برافروخت

مبانی PCR و طراحی پرایمر (مقدماتی، پیشرفته)

www.ketab.ir

مهندس حسن رسولی

پژوهشگر مرکز تحقیقات بیولوژی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه
پژوهشگر برتر حوزه علوم پزشکی سال ۱۳۹۹

دکتر فاطمه دهقان نیری

دانشیار گروه بیوتکنولوژی کشاورزی
دانشگاه بین‌المللی امام خمینی

سرشناسه
عنوان و نام پدیدآورنده : مبنای PCR و طراحی پرایمر (مقدماتی، پیشرفته) / مؤلفان حسن رسولی، فاطمه دهقان نیری.
مشخصات نشر : تهران: آثار سبحان، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری : [۵۳۳ ص.؛ صورتی (رنگی)، جدول، نمودار،
شابک : 978-600-8429-58-6
وضعیت فهرست نویسی : فیبا
یادداشت : چاپ قبلی: آثار سبحان: انتشارات یاررس، ۱۳۹۴.
یادداشت : نمایه.
موضوع : واکنش زنجیره ای پلیمرز
Polymerase chain reaction :
واکنش زنجیره ای پلیمرز -- روش ها
Polymerase chain reaction-- methods :
مهندسی ژنتیک -- نرم افزارها
Genetic engineering -- Software :
شناسه ی افزوده : دهقان نیری، فاطمه.
رده بندی کنگره : QP۶۰۶
رده بندی دیویی : ۵۷۲/۴۳
شماره کتاب شناسی ملی : ۸۷۷۳۴۰۸
اطلاعات رکورد کتاب شناسی : فیبا

۱۰٪

www.asaresobhan.com

تخفیف ویژه

برای خرید اینترنتی



www.ketab.ir

- نام کتاب: مبنای PCR و طراحی پرایمر (مقدماتی، پیشرفته)
- تألیف: مهندس حسن رسولی - دکتر فاطمه دهقان نیری
- ناشر: آثار سبحان (با همکاری انتشارات یاررس)
- ویراست: سوم
- ثبوت و سال چاپ: اول - اسفند / ۱۴۰۰
- شمارگان: ۵۰۰ نسخه
- طراح جلد: انتشارات آثار سبحان
- صفحه آرای: آرسا کو
- چاپ و صحافی: آثار سبحان
- بها تک رنگ: ۱۸۹۸۰۰ تومان
- بها چاپ رنگی: ؟؟؟؟ تومان
- شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۴۲۹-۵۸-۶

مرکز پخش

انتشارات آثار سبحان و یاررس

تهران: میدان انقلاب، خیابان انقلاب،
نرسیده به خیابان ۱۲ فروردین، ساختمان
ولی عصر، پلاک ۱۳۱۴، طبقه دوم



۰۲۱-۶۶۹۷۱۱۲
۰۲۱-۶۶۹۷۱۰۴۰
۰۲۱-۶۶۴۱۸۱۹۳

www.asaresobhan.com



Info@asaresobhan.com
asaresobhan2015@gmail.com



@asaresobhan



asaresobhan

«بیباید به حقوق دیگران احترام بگذاریم»

دوست عزیز، این کتاب حاصل دسترنج چندین ساله مؤلف، مترجم و ناشر آن است. تکتیر و فروش آن به هر شکلی بدون اجازه از پدیدآورنده اثر کاری غیراخلاقی، غیرقانونی و غیرشرعی و کسب درآمد از دسترنج دیگران است، نتیجه این عمل نادرست، موجب رواج بی اعتمادی در جامعه و بروز بی آمدهای ناگوار در زندگی و محیطی ناسالم برای خود و فرزندانمان می گردد.

«انجمن فرهنگی ناشران کتاب دانشگاهی»

تقدیم

صداک همهمه مے آید
و من مخاطب تنہا بلحاک جهانم
و رودھاک جهان رمز پاک محو شدن را
به من مے آموزند،
فقط به من.
و من مفسر گنجشکھاک درمک گنگم... سہارہ سہارہ

تقدیم بہ آنانہ کہ سبب انگیزش رایش سبز جوانہ
دہ تنہ خضک احساسات نہند...

www.ketab.ir

سخنی با خوانندگان

امروزه بر کسی پوشیده نیست که دانش زیست شناسی مولکولی در مسیر پیشرفتی شگرف قرار گرفته است به نحوی که نادانسته‌های زیادی از محیط درون سلولی موجودات زنده را هویدا ساخته است. اکتشافات وسیع در زیست شناسی مولکولی همراه با تحولات گسترده در تکنیک‌های آزمایشگاهی مطالعه سلول و معرفی ابزارالات و دستگاه‌های جدید آزمایشگاهی بوده است. پیشرفت تکنیک‌های آزمایشگاهی مولکولی از دو جهت حائز اهمیت است، اول اینکه سبب مطالعه سلول‌های زنده در مقیاس وسیع گردید و دوم اینکه امکان ارزیابی‌های مقایسه‌ای داده‌های زیستی منشاء گرفته از مطالعات مختلف با یکدیگر را فراهم آورد. پس از کشف DNA و مشخص شدن ماهیت بیوشیمیایی این مولکول زیستی که شاکله و اساس حیات بر روی کره‌ی زمین را تشکیل می‌دهد، دانش زیست شناسی مولکولی با دنیای جدیدی از اکتشافات علمی روبرو شد که تفکر بشر در مورد ماهیت زیستی سلول‌های زنده را به طور کامل تغییر داد. شناسایی روابط عملکردی بین ژنوم موجودات زنده و رفتار آنها در محیط و همچنین برهمکنش با سایر موجودات زنده اهمیت مطالعه مولکول DNA را بیش از پیش کرد. پس از اختراع واکنش زنجیره‌ای پلیمراز که همانند فرآیند همانندسازی در درون سلول اقدام به ایجاد کپی‌های متعدد از یک قطعه اختصاصی DNA می‌نماید، آزمایشگاه‌های مولکولی با پیشرفت‌های جدیدتری در حوزه مطالعات سلولی روبرو شدند. در ادامه، با اختراع دستگاه PCR توسط پرفسور کری مولیس، اساس تکثیر کلاسیک DNA که بر پایه همسانه‌سازی پروکاریوتی بنا نهاده شده بود به طور کامل تغییر کرد، به نحوی که در کمتر از چند ساعت بدون وابستگی به روش‌های تکثیر کلاسیک DNA، با استفاده از دستگاه PCR امکان تکثیر هزاران قطعه مشابه از یک توالی خاص DNA فراهم گردید. با توجه به اهمیت تکثیر DNA در مطالعات مولکولی، مجموعه حاضر تلاشی است برای معرفی روش PCR و تکنیک‌های طراحی پرایمر و آنالیز کاربردی آمپلیکون‌های تکثیری به منظور افزایش درک کیفی دانشجویان علاقه‌مند به مباحث مولکولی. در این مجموعه سعی شده است تا مفاهیم انتزاعی و کاربردی با یکدیگر ترکیب شود تا بتوان زمینه را برای یادگیری بهتر دانشجویان فراهم نمود. همچنین با استفاده از کدهای QR که قابل اسکن با تلفن همراه است سعی شده است در بعضی از بخش‌های این مجموعه مطالب تکمیلی قرار داده شود تا خوانندگان عزیز به صورت کاربردی‌تر از مباحث ارائه شده استفاده نمایند. این مجموعه برای آن دسته از دانشجویان علاقه‌مند طراحی شده است که آشنایی کمی با مباحث مولکولی و آزمایشگاهی دارند و می‌تواند به عنوان یک مرجع قابل استناد و کاربردی نیازهای علمی دانشجویان در محیط آزمایشگاه‌های مولکولی را برطرف نماید. همچنین این کتاب دارای یک سامانه پشتیبانی آنلاین است که خوانندگان عزیز می‌توانند با مراجعه به آدرس www.t.me/pcrprimer از مطالب تکمیلی ارائه شده برای این مجموعه نیز استفاده نمایند. در پایان از تمامی عزیزانی که با ارائه نظرات سازنده خود اینجانب را در نگارش این مجموعه یاری رساندند کمال تشکر و قدردانی را دارم، و امید است چنانچه خوانندگان عزیز ایرادی بر متن کتاب یا مطالب ارائه شده در آن وارد می‌دانند از طریق کانال تلگرامی بالا به مؤلف منتقل نمایند تا در ویرایش‌های بعدی این مجموعه برطرف گردد. این کتاب نیز مانند سایر آثار مؤلف وقف عام است و حقوق مادی و معنوی مؤلف صرف خرید لوازم التحریر برای کودکان مناطق محروم استان ایلام می‌شود.

مهندس حسن رسولی - دکتر فاطمه دهقان نیری

زمستان ۱۴۰۰

فهرست مطالب

۱.....	فصل ۱ مفاهیم پایه‌ای
۲.....	مقدمه
۳.....	تاریخچه‌ای کوتاه در رابطه با مخترع دستگاه PCR
۴.....	چرا به تکثیر DNA در فعالیتهای تحقیقاتی مولکولی نیازمندیم؟
۶.....	ایستگاه تفکر!.....
۱۳.....	خواندنی‌های مفید
۱۳.....	مروری خلاصه بر سازماندهی ماده‌ی ژنتیکی
۱۸.....	ساختار DNA
۲۴.....	ایستگاه تفکر!.....
۲۵.....	اشکال مختلف DNA در درون سلول
۲۸.....	آناتومی ژن
۳۵.....	ایستگاه تفکر!.....
۳۸.....	توالی‌های تکرار شونده‌ی ژنومی
۴۳.....	جهش
۴۵.....	ایستگاه تفکر!.....
۴۹.....	منابع برای مطالعه بیشتر
۵۱.....	فصل ۲ ضروریات PCR
۵۲.....	مقدمه
۵۲.....	اجزای اصلی واکنش PCR
۵۲.....	رشته الگو
۵۳.....	تعیین کمیت DNA الگو
۵۵.....	تعیین کیفیت DNA الگو
۵۶.....	بافر واکنش و یون منیزیم کلرید ($MgCl_2$)
۵۷.....	محلول‌های پیش آمیخته برای واکنش PCR
۵۷.....	دئوکسی نوکلئوتید تری فسفات‌ها یا dNTP
۵۷.....	استفاده از نوکلئوتیدهای تغییر شکل یافته برای واکنش PCR
۵۸.....	آغازگرها
۵۹.....	آنزیم DNA پلیمراز
۶۲.....	روغن‌های معدنی
۶۳.....	وسایل مصرفی و دستگاه‌های مورد نیاز
۶۴.....	دستگاه ترموسایکلر
۶۵.....	اثر مواد شیمیایی بر روی واکنش PCR
۶۶.....	مراحل انجام واکنش PCR

۶۸	آشکارسازی محصولات PCR
۶۹	ژل آگارز الکتروفورز
۷۲	رفع منابع آلودگی در واکنش PCR
۷۳	محاسبه تعداد نسخه‌های تکثیر شده
۷۳	منتحنی تکثیر واکنش PCR
۷۴	افزایش حساسیت واکنش زنجیره‌ای پلیمرز
۷۴	استفاده از مولکول‌های mRNA به عنوان الگو در PCR
۷۵	واکنش PCR آشیانه‌ای
۷۷	واکنش زنجیره‌ای پلیمرز معکوس
۷۷	واکنش زنجیره‌ای پلیمرز برای تکثیر نواحی طویل
۷۸	واکنش زنجیره‌ای پلیمرز زمان واقعی
۸۱	واکنش زنجیره‌ای پلیمرز لنگر شده
۸۱	واکنش PCR با توسعه همپوشانی
۸۲	PCR با شروع داغ یا روش Hot Strat-PCR
۸۳	روش DOP-PCR
۸۳	روش PCR سرد
۸۶	روش PCR چندگانه یا Multiplex PCR
۸۹	ARMS-PCR
۹۰	PCR-ELISA
۹۳	LAMP-PCR
۹۷	استفاده از کنترل داخلی در PCR
۹۸	همسانه‌سازی فرآورده‌های واکنش زنجیره‌ای پلیمرز
۹۹	خالص کردن محصولات واکنش زنجیره‌ای پلیمرز
۱۰۰	توالی‌یابی محصولات تکثیری PCR

فصل ۳ PCR و تنوع ژنتیکی ۱۰۳

۱۰۴	مقدمه
۱۰۵	نشانگرهای مولکولی مبتنی بر PCR
۱۰۵	مارکرهای AFLP
۱۰۸	طراحی پرایمرهای AFLP
۱۱۲	خواندنی‌های پیشنهادی
۱۱۳	سیکل حرارتی تکنیک AFLP-PCR
۱۱۴	سیکل حرارتی جایگزین
۱۱۴	خواندنی‌های پیشنهادی
۱۱۵	هضم آنزیمی و اجزای بافر واکنش در تکنیک AFLP-PCR
۱۱۷	خواندنی‌های پیشنهادی
۱۱۷	مارکرهای RAPD
۱۱۹	خواندنی‌های بیشتر
۱۲۰	خواندنی‌های بیشتر

۱۲۱.....	سیکل حرارتی PCR در تکنیک RAPD
۱۲۲.....	اجزای بافر واکنش در تکنیک RAPD
۱۲۴.....	خواندنی‌های پیشنهادی
۱۲۴.....	آنالیز داده‌های پلی‌مورفیسم ژنتیکی
۱۲۵.....	خواندنی‌های بیشتر
۱۲۵.....	نشانگرهای SCAR
۱۲۷.....	خواندنی‌های پیشنهادی
۱۲۷.....	سیکل حرارتی PCR در تکنیک SCAR
۱۲۷.....	اجزای بافر واکنش در تکنیک SCAR
۱۲۹.....	خواندنی‌های پیشنهادی
۱۲۹.....	مارکرهای مینی سائلایت یا ریزماهواره
۱۳۰.....	خواندنی‌های پیشنهادی
۱۳۰.....	مارکرهای SSR
۱۳۳.....	خواندنی‌های پیشنهادی
۱۳۳.....	سیکل حرارتی PCR در تکنیک SSR
۱۳۳.....	اجزای بافر واکنش
۱۳۵.....	مارکرهای ISSR
۱۳۶.....	سیکل حرارتی PCR در تکنیک ISSR
۱۳۷.....	اجزای بافر واکنش
۱۳۷.....	خواندنی‌های پیشنهادی
۱۳۷.....	مارکرهای CAPS
۱۴۰.....	سیکل حرارتی PCR در تکنیک CAPS
۱۴۱.....	خواندنی‌های پیشنهادی
۱۴۱.....	پلی‌مورفیسم تک نوکلئوتیدی (SNP) و ژنوتایپینگ
۱۴۵.....	هیبریداسیون اختصاصی الی (AS-H)
۱۴۶.....	روش توسعه‌ی پرایمر
۱۴۶.....	اتصال بوسیله‌ی آنزیم DNA لیگاز
۱۵۰.....	هابلوتایپ
۱۵۳.....	شناسایی پلی‌مورفیسم تک نوکلئوتیدی با استفاده از SSCP
۱۵۴.....	میتلاسیون DNA

فصل ۴ مروری بر همسانه‌سازی ژن و وکتورهای کلونینگ..... ۱۶۱

۱۶۲.....	همسانه‌سازی ژن
۱۶۶.....	مروری کوتاه بر مهمترین ناقلین همسانه‌سازی ژن
۱۶۸.....	حامل‌های کلون‌سازی قطعات بزرگ DNA
۱۶۹.....	وکتورهای کاسمیدی
۱۷۰.....	کروموزم‌های مصنوعی مخمر (YACs)
۱۷۲.....	کروموزم‌های مصنوعی باکتریایی
۱۷۳.....	جایگاه‌های کلون‌سازی حامل‌های BACs

۱۷۴	کروموزوم های مصنوعی مشتق شده از فاز P1
۱۷۴	ویژگی های منحصر به فرد باکتریوفاژ P1
۱۷۵	ساخت حامل های PACs از طریق الکتروپوریشن
۱۷۵	کاربردهای PACs
۱۷۵	کروموزم های مصنوعی انسانی
۱۷۶	مزیت های استفاده از حامل ACs های HAC

فصل ۵ ژنومیکس و PCR برای شناسایی میکروارگانیسم ها..... ۱۷۹

۱۸۰	مقدمه
۱۸۰	تکنیک Rep-PCR
۱۸۴	ژنوتایپینگ و شناسایی گونه های باکتریایی با استفاده از توالی 16S rRNA
۱۸۸	ژنوتایپینگ با استفاده از تکنیک HRM
۱۹۰	ژنوتایپینگ با استفاده از توالی یابی کامل شاتگان متاژنوم
۱۹۲	طبقه بندی باکتری ها با استفاده از روش RFLP
۱۹۳	روش تجزیه و تحلیل توالی های تکراری پشت سرهم متغیر در لوکوس های چندگانه
۱۹۳	مطالعه جمعیت های باکتریایی بر مبنای روش متا-ترانسکریپتومیکس
۱۹۵	مطالعه جمعیت های باکتریایی با استفاده از روش DGGE
۱۹۵	ژنوتایپینگ میکروارگانیسم ها با استفاده از روش هیبریداسیون DNA-DNA
۱۹۶	مطالعه مولکولی ژنوم قارچ ها و مخمر
۱۹۸	کاربرد روش های مبتنی بر PCR در تشخیص قارچ های مایکوبریزا
۲۰۱	استفاده از روش های مبتنی بر PCR در تشخیص ویروس ها
۲۰۴	روش های اتوماسیون تشخیص سریع میکروارگانیسم ها در نمونه های مختلف
۲۰۶	شناسایی عوامل بیمارگر قارچی گیاهی با استفاده از روش های مبتنی بر PCR
۲۰۶	استفاده از واحدهای عملکردی تاکسونومیک در مطالعات مولکولی
۲۱۵	اصطلاحات کلیدی در آنالیزهای فیلوژنتیکی
۲۲۱	روش Bootstrap
۲۲۳	روش تجزیه و تحلیل لوکوس های چندگانه در ژنوتایپینگ باکتری

فصل ۶ ضروریات توالی یابی DNA..... ۲۲۵

۲۲۶	مقدمه
۲۲۷	نقاط عطف در توالی یابی DNA
۲۲۷	روش ماکسام و گیلبرت
۲۲۸	روش سانگر
۲۲۸	روش های توالی یابی خودکار DNA
۲۲۹	نام گذاری بازها در توالی یابی
۲۳۰	توالی یابی ژنوم
۲۳۰	توالی یابی به روش clone-by-clone
۲۳۰	توالی یابی کل ژنوم به روش شات گان
۲۳۱	پیشرفت های اخیر در توالی یابی DNA
۲۳۱	توالی یابی DNA نسل بعدی

۲۳۲	آنالیز ژنوم ایلومینا
۲۳۲	توالی‌یابی ژنوم به روش Roche 454
۲۳۲	توالی‌یابی PYRO
۲۳۳	توالی‌یابی Solid
۲۳۳	محدودیت‌های خطا توالی‌یابی
۲۳۳	کیفیت و کمیت مورد نیاز در توالی‌یابی
۲۳۴	برنامه‌های کاربردی توالی‌یابی DNA
۲۳۵	آشنایی با مهمترین نوع داده‌های آمیکس
۲۳۵	داده‌های اکسپوزومیکس
۲۳۶	داده‌های ژنومی
۲۳۶	داده‌های ژنومی چندشکلی‌های تک نوکلئوتیدی
۲۳۷	داده‌های ترانسکریپتومی
۲۳۷	داده‌های تلفیقی
۲۳۷	داده‌های متاژنومیکس
۲۴۵	کاربردهای دیگر متاژنومیکس
۲۴۶	داده‌های پالئونومیکسی
۲۴۸	مراحل انجام متاژنومیکس
۲۵۰	آینده شرکت‌های بیوتکنولوژی
۲۵۰	نقش بیوتکنولوژی در توسعه پایدار
۲۵۱	بیوتکنولوژی صنعتی
۲۵۱	محرك‌های عمده بیوتکنولوژی صنعتی
۲۵۱	توسعه سریع تکنولوژی همراه با بیوتکنولوژی صنعتی
۲۵۱	ضرورت توسعه پایدار
۲۵۲	اقدام برای جهانی شدن
۲۵۲	محرك‌های منطقه‌ای
۲۵۲	رویکردهای بالا به پایین در ایالات متحده
۲۵۲	صنایع شیمیایی اتحادیه اروپا و رویکرد پایین به بالا
۲۵۳	بهره برداری از بیومس در ژاپن
۲۵۳	ظهور آسیا
۲۵۳	چین به عنوان یک نیروی جهانی خطرناک
۲۵۴	تلاش برای تنظیم کمپانی‌های بیوتکنولوژی و مجموعه‌های جهانی زیست فناوری
۲۵۴	موانع و چالش‌های پیش‌رو در بیوتکنولوژی
۲۵۶	پتانسیل بازار برای شرکت‌های بیوتکنولوژیایی
۲۵۶	حرکت از ماهیگری به آبی‌پروری
۲۵۷	از انقلاب سبز تا انقلاب بیوتکنولوژی کشاورزی
۲۵۸	افزایش نقش زیست‌فناوری در داروسازی

فصل ۷ نکات طلایی در رابطه با پرایمرهای PCR

۲۶۲	مقدمه
-----	-------

۲۶۲	دمای ذوب (T_m)
۲۶۴	دمای اتصال (T_a)
۲۶۴	ویژگی‌های آغازگر
۲۶۵	طول آغازگر
۲۶۵	ساختار ساقه - حلقه و پرایمر - دایمر
۲۶۷	کاربرد انرژی آزاد گیس (ΔG) در طراحی پرایمر
۲۶۷	دایمرهای متقاطع
۲۶۷	تکرارهای دی-نوکلئوتیدی
۲۶۷	ساختار Runs
۲۶۷	ساختار Self-Dimer
۲۶۸	عدم تطابق T_m جفت پرایمرها
۲۶۹	انتهای ۳' و ۵'
۲۶۹	اختصاصیت پرایمر
۲۶۹	جایگاه موتاسیون و پرایمرهای موتازنیک
۲۷۱	انواع پرایمرها
۲۸۴	الگوریتم HYDEN
۲۸۵	تعیین اختصاصیت پرایمرها
۲۸۷	محاسبات مربوط به غلظت بافرها
۲۸۸	الگو و تکثیر رشته الگو
۲۹۰	محاسبه وضعیت تکثیر واکنش زنجیره‌ای پلیمراز
۲۹۰	محاسبه راندمان واکنش زنجیره‌ای پلیمراز
۲۹۰	محاسبه میزان خطای آنزیم DNA پلیمراز
۲۹۱	تأثیر دمای اتصال بر میزان اختصاصیت واکنش PCR

فصل ۸ تعیین اختصاصیت آغازگرها ۲۹۳

۲۹۴	جستجوی تشابهات با استفاده از BLAST
۲۹۵	فرمت فایل‌های پایگاه‌های داده بیوانفورماتیک
۲۹۹	وش وزن دهی و ماتریس‌های PAM
۲۹۹	ماتریس‌های BLOSUM
۳۰۰	انتخاب یک ماتریس
۳۰۱	برنامه‌ی BLAST
۳۰۲	توالی ورودی
۳۰۲	جستجوی مجموعه‌ها
۳۰۵	ارگانسیم
۳۰۵	پارامتر Entrez queries
۳۰۶	پارامترهای جستجوی BLAST
۳۰۹	تفسیر نتایج BLAST
۳۱۷	کنترل اختصاصیت پرایمرها
۳۲۴	استفاده از پکیج DECIPHER برای مقایسه هم‌ردیفی چندگانه

فصل ۹ کاوشگرها ۳۳۷

۳۳۸	 مقدمه
۳۳۸	 رنگ‌های متصل‌شونده به DNA (SYBR Green I)
۳۴۰	 آغازگرها و کاوشگرهای فلورسنت
۳۴۱	 کاوشگرهای TaqMan
۳۴۲	 کاوشگرهای Molecular Beacons
۳۴۳	 کاوشگرهای هیبریدی
۳۴۳	 کاوشگرهای Eclipse
۳۴۴	 کاوشگرهای Amplifluor
۳۴۴	 کاوشگرهای Scorpions
۳۴۵	 کاوشگرهای LUX
۳۴۵	 کاوشگرهای BD QZyme
۳۴۶	 نکات کلیدی در طراحی کاوشگرها
۳۴۷	 طراحی و بهینه‌سازی کاوشگرهای SYBR Green I
۳۴۸	 بهینه‌سازی دمای اتصال
۳۵۰	 بهینه‌سازی و طراحی کاوشگرهای TaqMan

فصل ۱۰ ابزارهای طراحی پرایمر ۳۵۱

۳۵۲	 مقدمه
۳۵۴	 طراحی آغازگر با استفاده از برنامه‌های تحت وب
۳۵۴	 طراحی آغازگر با استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای
۳۵۵	 طراحی آغازگر با استفاده از پایگاه NCBI
۳۵۷	 مشاهده نتایج
۳۵۸	 طراحی آغازگر با استفاده از نرم افزار Primer3
۳۵۹	 دسترسی به پایگاه اطلاعاتی Primer 3
۳۶۲	 تنظیمات مربوط به الیگوها یا کاوشگرها
۳۶۲	 اعمال تنظیمات نهایی برای کاوشگرها و آغازگرها
۳۶۲	 تعیین کیفیت نوآلی
۳۶۴	 صفحه نتایج
۳۶۴	 طراحی پرایمر با استفاده از نرم افزار MacVector
۳۶۹	 افزودن دنباله به انتهای آغازگرها
۳۷۱	 طراحی آغازگر با استفاده از PDA
۳۷۳	 صفحه نتایج PDA
۳۷۳	 طراحی پرایمر با استفاده از نرم افزار CLC DNA Workbench
۳۷۵	 نصب نرم افزار
۳۷۹	 طراحی پرایمر با استفاده از نرم افزار PerlPrimer
۳۸۹	 طراحی پرایمر با استفاده از سرور آنلاین IDT
۳۹۰	 دسترسی به پایگاه PrimerQuest IDT
۴۰۱	 طراحی پرایمر برای تکثیر نوآلی متیله شده

طراحی پرایمر اختصاصی برای تکثیر نواحی ژنومی دارای SNP..... ۴۱۰

فصل ۱۱ ارزیابی کارایی اتصال پرایمرها با استفاده از MFE..... ۴۱۹

مقدمه..... ۴۲۰

فصل ۱۲ انجام IN SILICO PCR..... ۴۲۹

مقدمه..... ۴۳۰

منابع و مآخذ..... ۴۴۹

الف) مقالات..... ۴۴۹

ب) کتاب..... ۴۵۲

ج) تارنماهای اینترنتی مفید در ارتباط با PCR..... ۴۵۲

ضمیمه‌ی آزمایشگاهی..... ۴۵۳

راهنمای کار در آزمایشگاه..... ۴۵۳

آشنایی با علائم هشداردهنده و توصیه‌های ایمنی در محیط آزمایشگاه..... ۴۵۳

آشنایی با وسایل آزمایشگاه..... ۴۵۷

معرفی وسایل پرکاربرد آزمایشگاهی..... ۴۵۹

زباله‌های آزمایشگاهی..... ۴۶۹

توصیه‌های عمومی هنگام خروج از آزمایشگاه..... ۴۷۰

خرید مواد برای آزمایشگاه..... ۴۷۰

پروتکل‌های کاربردی..... ۴۷۱

انجام Real Time PCR..... ۴۸۸

تعیین توالی محصولات PCR..... ۴۹۵

معرفی نرم‌افزارهای طراحی پرایمر برای واکنش Real-time PCR..... ۵۰۱

تفسیر نتایج توالی‌یابی..... ۵۰۵

عیب‌یابی واکنش PCR با استفاده از نتایج حاصل از توالی‌یابی..... ۵۰۷

ضمیمه بیوانفورماتیک..... ۵۱۷

ترایمینگ..... ۵۱۷

ترایمینگ با استفاده از ابزار Chromas..... ۵۱۹

مراحل ترایمینگ در ChromasPro..... ۵۲۰

ترایمینگ خروجی NGS..... ۵۲۳

ابزارهای ترایمینگ ژنوم..... ۵۲۳

مقایسه ابزارهای ترایمینگ ژنوم..... ۵۲۴

نمایه..... ۵۲۷