

دانشکده پزشکی  
قالب نگارش طرح درس دوره ترمی

ترم مهر ۱۴۰۵-۱۴۰۴

|                                                                                                                              |                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| عنوان درس: مهندسی ژنتیک عملی                                                                                                 | مخاطبان: دانشجویان کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی پزشکی |
| تعداد واحد: (یا سهم استاد از واحد) ۲ واحد عملی: سهم دکتر یداله بهرامی ۰.۴۸ واحد و سهم دکتر سارا محمدزاده ۱.۵۲ واحد از ۲ واحد |                                                    |
| ساعت پاسخگویی به سوالات فراگیر: چهارشنبه ها ۱۵-۱۳                                                                            |                                                    |
| زمان ارائه درس: سه شنبه ها ساعت ۱۲-۸ نیمسال اول ۱۴۰۴-۱۴۰۴                                                                    | مدرسین: دکتر یداله بهرامی، دکتر سارا محمدزاده      |
| درس و پیش نیاز: مهندسی ژنتیک نظری، اصول استانداردسازی و ایمنی فرآورده های بیولوژیک                                           |                                                    |

**هدف کلی درس:** این طرح درس بر تکنیک های مهندسی ژنتیک عملی و کاربرد آن در تحقیقات و بیوتکنولوژی تمرکز دارد. در این درس دانشجویان در هر مرحله از فرآیند دستکاری مواد ژنتیکی هم درک نظری و هم مهارت های عملی لازم را کسب می کنند و به آنها تجربه عملی کار با پروتکل های استاندارد کلون سازی مولکولی داده می شود.

اهداف کلی جلسات: (جهت هر جلسه یک هدف)

- ۱- مقدمه ای بر مهندسی ژنتیک و طرح ریزی کلون سازی مولکولی
- ۲- جداسازی و خالص سازی DNA
- ۳- تکثیر PCR
- ۴- جداسازی و خالص سازی DNA پلاسمیدی
- ۵- هضم با آنزیم های محدودالانتر
- ۶- الحاق (Ligation)
- ۷- ترانسفورماسیون سلولهای مستعد *E. coli*
- ۸- غربالگری و کلونی PCR
- ۹- تایید پلاسمید نو ترکیب
- ۱۰- مقدمه ای بر بیان پروتئین در *E. coli*
- ۱۱- راه اندازی کشت بیانی در مقیاس کم
- ۱۲- القای بیان پروتئین
- ۱۳- برداشت و لیز سلول
- ۱۴- SDS-PAGE و وسترن بلات
- ۱۵- حلالیت و خالص سازی پروتئین
- ۱۶- بررسی داده ها و عیب یابی
- ۱۷- گزارش پروژه و نتیجه گیری

هدف کلی جلسه اول: مقدمه ای بر مهندسی ژنتیک و طرح ریزی کلون سازی مولکولی

اهداف ویژه جلسه اول: ارائه یک نمای کلی از اصول، تکنیک ها و کاربردهای مهندسی ژنتیک و طرح و برنامه ریزی یک تجربه عملی برای کلون سازی مولکولی در پایان دانشجو قادر باشد

۱-۱- اصول کلون سازی مولکولی را بشناسد.

۱-۲- بر اساس قطعه مورد نظر و پلاسمیدهای موجود ارگانایسم های میزبان قادر به طراحی مراحل کلون سازی باشد و جریان کار (workflow) شامل مراحل درج ذیل، ترانسفورماسیون، غربالگری و بررسی را ارائه دهد.

۱-۳- از نرم افزارهایی مانند SnapGene، CLC، Vector NTI و ... جهت وارد کردن توالی، طرح ریزی و شبیه سازی مجازی مراحل کلون سازی استفاده کند.

هدف کلی جلسه دوم: جداسازی و خالص سازی DNA

اهداف ویژه جلسه دوم: انجام جداسازی DNA از سلول های باکتریایی یا یوکاریوتی با استفاده از روش های استخراج استاندارد.

در پایان دانشجو قادر باشد

۲-۱- جداسازی DNA را با استفاده از روش های استخراج DNA ژنومی از سلول های باکتریایی یا یوکاریوتی انجام دهد.

۲-۲- کیفیت و غلظت DNA جدا شده را با استفاده از اسپکتروفتومتری (نانودارب) ارزیابی کند.

۲-۳- اهمیت خلوص DNA در مراحل پایین دست شبیه سازی مولکولی را توضیح دهد.

هدف کلی جلسه سوم: تکثیر PCR

اهداف ویژه جلسه سوم: تکثیر ژن هدف با استفاده از PCR برای کلوسازی

در پایان دانشجو قادر باشد

۱-۳- طراحی پرایمر با هدف تکثیر یک قطعه خاص از الگوی DNA و اضافه کردن جایگاههای محدودالانر را انجام دهد.

۲-۳- یک واکنش PCR را با درک نقش هر جزء (الگو، پرایمرها، نوکلئوتیدها، پلیمرز) تنظیم و اجرا کند.

۳-۳- برای تایید تکثیر، ژل الکتروفورز محصولات PCR را روی ژل آگارز انجام دهد.

۴-۳- محصولات PCR را روی یک ژل آگارز مشاهده کند و با استفاده از مارکر مولکولی اندازه باند صحیح را بررسی کند.

۵-۳- نتایج را برای تایید تکثیر موفقیت آمیز و کمیت و کیفیت DNA تکثیر شده تفسیر کند.

هدف کلی جلسه چهارم: جداسازی و خالص سازی DNA پلاسمیدی

اهداف ویژه جلسه چهارم: انجام جداسازی DNA پلاسمیدی از سلول های باکتریایی

در پایان دانشجو قادر باشد

۱-۴- جداسازی DNA با استفاده از روش های استخراج DNA پلاسمیدی را انجام دهد.

۲-۴- کیفیت و غلظت DNA جدا شده را با استفاده از اسپکتروفتومتری (نانودارب) ارزیابی کند.

۳-۴- اهمیت خلوص DNA در مراحل پایین دست شبیه سازی مولکولی را توضیح دهد.

هدف کلی جلسه پنجم: هضم با آنزیم های محدودالانر

اهداف ویژه جلسه پنجم: نقش و استفاده از آنزیم های محدودالانر در برش DNA در توالی های خاص و ایجاد انتهای سازگار برای الحاق

در پایان دانشجو قادر باشد

۱-۵- هضم محدودالانر محصول PCR و ناقل پلاسمیدی را با آنزیم های محدودالانر انجام دهد.

۲-۵- با استفاده از روش های استخراج از ژل، قطعات DNA را پس از هضم خالص کند.

۳-۵- دلیل استخراج از ژل با خالص سازی ستون را توضیح دهد.

۴-۵- محصول واکنش هضم را روی ژل آگارز ارزیابی و تفسیر کند.

۵-۵- تعیین کند که آیا قطعات برای واکنش الحاق (Ligation) مناسب هستند یا خیر.

هدف کلی جلسه ششم: الحاق (Ligation)

اهداف ویژه جلسه ششم: درج محصول PCR هضم شده (insert) در ناقل پلاسمیدی

در پایان دانشجو قادر باشد

۱-۶- مکانیسم DNA لیگاز در اتصال قطعات DNA با انتهای سازگار را توضیح دهد.

۲-۶- واکنش ligation برای وارد کردن ژن مورد نظر در یک ناقل پلاسمیدی را انجام کند.

۳-۶- نسبت های مولی قطعه insert به ناقل را محاسبه کند و اهمیت آن در بهینه سازی راندمان الحاق را درک کند.

هدف کلی جلسه هفتم: ترانسفورماسیون سلولهای مستعد *E. coli*

اهداف ویژه جلسه هفتم: وارد کردن پلاسمید نو ترکیب به سلول های *E. coli* مستعد.

در پایان دانشجو قادر باشد

۱-۷- فرآیند ترانسفورماسیون باکتری و چگونگی جذب DNA پلاسمید خارجی را توضیح دهد.

۲-۷- ترانسفورماسیون سلول های *E. coli* مستعد با محصول لیگیشن با استفاده از روش شوک حرارتی یا الکتروپوریشن را انجام دهد.

۳-۷- سلول های ترانسفورم شده را روی محیط های انتخابی (به عنوان مثال، پلیت LB-agar دارای آنتی بیوتیک) کشت دهد و یک شب در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد انکوبه کند.

۴-۷- توضیح دهد که چگونه از مقاومت آنتی بیوتیکی و محیط های انتخابی برای شناسایی ترانسفورم های موفق استفاده می شود.

هدف کلی جلسه هشتم: غربالگری و کلونی PCR

اهداف ویژه جلسه هشتم: شناسایی کلون های حاوی پلاسمید نو ترکیب.

در پایان دانشجو قادر باشد

۱-۸- با استفاده از غربالگری آبی-سفید یا روش های دیگر، بین کلنی های نو ترکیب و غیر نو ترکیب تفاوت قائل شود.

۲-۸- برای تایید وجود قطعه وارد شده Colony PCR انجام دهد.

۳-۸- نتایج PCR را روی ژل آگارز مشاهده کند و کلون های مثبت را برای بررسی های بیشتر انتخاب کند.

هدف کلی جلسه نهم: تایید پلاسمید نو ترکیب

اهداف ویژه جلسه نهم: جداسازی DNA پلاسمید نو ترکیب از کلون های مثبت و تایید آن

در پایان دانشجو قادر باشد

۹-۱- استخراج DNA پلاسمید (Miniprep) از کشت های باکتریایی را انجام دهد..

۹-۲- وجود قطعه درج شده را از طریق هضم محدودالانزیم و ژل الکتروفورز تایید کند.

۹-۳- در صورت امکان نمونه ها را برای توالی یابی ارسال کند تا ترتیب صحیح را تأیید کند.

۹-۴- در مورد نقش تعیین توالی در تأیید جهت گیری و توالی صحیح ژن کلون شده بحث کند.

هدف کلی جلسه دهم: مقدمه ای بر بیان پروتئین در *E. coli*

اهداف ویژه جلسه دهم: اصول اولیه بیان پروتئین در *E.coli* را بداند.

در پایان دانشجو قادر باشد

۱۰-۱- درباره ناقل های بیانی، پروموتورها و سیستم های القایی بیاموزد.

۱۰-۲- اجزای یک وکتور بیانی، مانند پروموتور، محل اتصال ریبوزوم و تگ های خالص سازی را شناسایی کند.

۱۰-۳- توضیح دهد که چگونه پروموتورهای القایی (به عنوان مثال T7 و اپرون lac) بیان پروتئین را در پاسخ به القاکننده هایی مانند IPTG تنظیم می کند.

۱۰-۴- در مورد عوامل مؤثر بر بیان پروتئین مانند انتخاب سویه های میزبان برای بیان (به عنوان مثال DE3.BL21) و اهمیت بهینه سازی شرایط القا (دما، زمان و غلظت القا کننده) بحث کند.

هدف کلی جلسه یازدهم: راه اندازی کشت بیانی در مقیاس کم

اهداف ویژه جلسه یازدهم: بیان پروتئین هدف در مقیاس کم

در پایان دانشجو قادر باشد

۱۱-۱- ترانسفورم سویه های بیانی *E. coli* با پلاسمید بیانی حاوی ژن را انجام دهد.

۱۱-۲- کشت های باکتریایی در مقیاس کم را برای بیان پروتئین تلقیح کند و از حفظ فشار انتخابی باکتری های نو ترکیب با استفاده از آنتی بیوتیک مناسب در محیط کشت اطمینان حاصل کند.

۱۱-۳- درک کند که چگونه شرایط کشت مانند shaking و دما، بر رشد باکتری ها و پتانسیل بیان پروتئین تأثیر می گذارد.

۱۱-۴- از تکنیک های آسپتیک برای حفظ استریل بودن کشت در طول فرآیند استفاده کند.

هدف کلی جلسه دوازدهم: القای بیان پروتئین

اهداف ویژه جلسه دوازدهم:

در پایان دانشجو قادر باشد

۱۲-۱- تراکم کشت باکتری در OD600 را اندازه گیری و نقطه بهینه برای القای پروتئین (mid-log phase) را شناسایی کند.

۱۲-۲- بیان پروتئین با استفاده از IPTG را القا کند و اثر غلظت های مختلف IPTG بر سطوح بیان را اعمال کند.

۱۲-۳- شرایط القایی از جمله دما و مدت، برای متعادل کردن بیان پروتئین و حلالیت را بهینه کند.

۱۲-۴- در مورد اهمیت کنترل متغیرهای القایی برای افزایش بازده پروتئین و به حداقل رساندن تشکیل inclusion body بحث کند.

هدف کلی جلسه سیزدهم: برداشت و لیز سلول

اهداف ویژه جلسه سیزدهم:

در پایان دانشجو قادر باشد

۱۳-۱- سلول های باکتریایی را با استفاده از سانتیفریوژ جمع آوری کند و رسوب را برای لیز آماده کند.

۱۳-۲- روش های مختلف لیز باکتری از جمله روش های آنزیمی، شیمیایی و مکانیکی را بشناسد.

۱۳-۳- اهمیت استفاده از مهارکننده های پروتئاز را در طول لیز سلولی برای جلوگیری از تخریب پروتئین بیان شده توضیح دهد.

هدف کلی جلسه چهاردهم: SDS-PAGE و سترن بلات

اهداف ویژه جلسه چهاردهم:

در پایان دانشجو قادر باشد.

۱۴-۱- SDS-PAGE را برای جداسازی پروتئین ها بر اساس اندازه آنها آماده و اجرا کند.

۱۴-۲- ژل SDS-PAGE را برای مشاهده باندهای پروتئینی و تخمین اندازه پروتئین رنگ آمیزی کند.

۱۴-۳- اصول و سترن بلات برای شناسایی پروتئین ها با استفاده از آنتی بادی های اختصاصی را بداند.

۱۴-۴- نتایج SDS-PAGE و سترن بلات برای تایید بیان پروتئین و ارزیابی خلوص و اندازه پروتئین را بررسی کند.

هدف کلی جلسه پانزدهم: حلالیت و خالص سازی پروتئین

اهداف ویژه جلسه پانزدهم:

در پایان دانشجو قادر باشد.

۱-۱۵- برای تعیین حلالیت نتایج SDS-PAGE را تفسیر کنید.

۲-۱۵- راهکارهایی برای بهبود حلالیت پروتئین مانند کاهش دما، بیان همراه با چپرون ها و ... ارائه دهد.

۳-۱۵- درک کنید که چگونه روش های مختلف خالص سازی (affinity, ion exchange, size exclusion chromatography) را می توان برای جداسازی پروتئین ها بر اساس ویژگی های آن ها به کار برد.

۴-۱۵- تکنیک های خالص سازی اولیه مانند کروماتوگرافی میل پیوندی (مانند Ni-NTA برای پروتئین های His-tagged) را انجام دهد.

هدف کلی جلسه شانزدهم: بررسی داده ها و عیب یابی

اهداف ویژه جلسه شانزدهم: تجزیه و تحلیل نتایج و عیب یابی هر مرحله ناموفق.

در پایان دانشجو قادر باشد

۱-۱۶- تجزیه و تحلیل نتایج تجربی و تفسیر یافته های کلیدی از هر مرحله از فرآیند شبیه سازی.

۲-۱۶- منابع احتمالی خطا را شناسایی کند و راهبردهای عیب یابی را برای بهبود کارایی شبیه سازی پیشنهاد کند.

۳-۱۶- مشکلات رایجی که در بیان پروتئین با آن مواجه می شوند، مانند بیان کم، تجمع یا تخریب را عیب یابی کند.

۴-۱۶- راه حل هایی را برای بهبود بیان و حلالیت پروتئین پیشنهاد کند (به عنوان مثال، تغییر دما، غلظت IPTG یا استفاده از سویه های مختلف).

۵-۱۶- پیشنهاد بهبود های بالقوه برای آزمایشات بیان پروتئین در آینده.

هدف کلی جلسه هفدهم: گزارش پروژه و نتیجه گیری

اهداف ویژه جلسه هفدهم: نتایج تجربی را از طریق گزارش های کتبی یا شفاهی به اشتراک بگذارد.

در پایان دانشجو قادر باشد

۱-۱۷- نتایج تجربی را در یک گزارش کتبی یا شفاهی، شامل داده های بیان پروتئین، SDS-PAGE و وسترن بلات خلاصه کند.

۲-۱۷- موفقیت و محدودیت های فرآیند بیان پروتئین را به طور انتقادی تجزیه و تحلیل کند.

۳-۱۷- در مورد نتایج تجربی بحث کند و تغییراتی را برای آزمایش های آینده پیشنهاد کند.

منابع:

Molecular cloning: a laboratory manual. J Sambrook - Cold Spring Habor Laboratory, 2003

روش تدریس: سخنرانی، نمایش اسلاید و فیلم و پرسش و پاسخ برای یادگیری تئوری و ارائه زمینه برای جلسات عملی. تمرین عملی در یک محیط آزمایشگاهی جایی که دانشجویان به طور فعال تکنیک هایی مانند جداسازی DNA، PCR، هضم محدودالانتر، ligation و ترانسفرماسیون و... را انجام می دهند.

وسایل آموزشی: تجهیزات و ابزار آزمایشگاهی مانند ترموسیکلر، تجهیزات الکتروفورز، اسپکتروفتومتر، میکروپیت ها، انکوباتور شیکردار، سانتریفیوژ و ...؛ نرم افزارهای بیوانفورماتیک و محاسباتی؛ دستورالعمل های آزمایشگاهی و پروتکل ها

#### سنجش و ارزشیابی

| آزمون            | روش                                                        | سهم از نمره کل ( ر حسب درصد) | تاریخ  | ساعت                 |
|------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------|--------|----------------------|
| کوئیز            | آزمون ها و بررسی های مفهومی                                | ۱۰٪                          | طی ترم | //////////////////// |
| گزارش آزمایشگاهی | نوشتن گزارش کار آزمایشگاه برای ثبت مشاهدات، روش ها و نتایج | ۵۰٪                          | طی ترم |                      |
| آزمون پایان ترم  | برای ارزیابی درک دانش نظری                                 | ۲۰٪                          |        | ۱۴۰۴/۱۱/۱۳           |
| ارزیابی های عملی | ارزیابی های عملی و حضور فعال در کلاس و بحث های گروهی       | ۲۰٪                          | طی ترم |                      |

مقررات کلاس و انتظارات از دانشجو:

- حضور مستمر و منظم در کلاس درس
- توجه کامل به کلاس در حین تدریس و پرهیز از ایجاد اختلال در امر یاددهی و یادگیری
- مطالعه‌ی مطالب هر جلسه قبل از حضور در کلاس
- موارد ممنوعه: استفاده از تلفن همراه، خوردن و آشامیدن، حرف زدن با همدیگر.

|                    |                        |               |
|--------------------|------------------------|---------------|
| نام و امضای مدرس:  | نام و امضای مدیر گروه: | نام و امضای   |
| مسئول EDO دانشکده: |                        |               |
| تاریخ تحویل:       | تاریخ ارسال:           | تاریخ ارسال : |

جدول زمانبندی درس مهندسی ژنتیک عملی  
روز و ساعت جلسه : سه شنبه ها ۸-۱۲

| جلسه | تاریخ     | موضوع هر جلسه                                         | مدرس               |
|------|-----------|-------------------------------------------------------|--------------------|
| ۱    | ۴۰۴/۰۷/۱۵ | مقدمه ای بر مهندسی ژنتیک و طرح ریزی کلون سازی مولکولی | دکتر سارا محمدزاده |
| ۲    | ۴۰۴/۰۷/۲۲ | جداسازی و خالص سازی DNA                               | دکتر یداله بهرامی  |
| ۳    | ۴۰۴/۰۷/۲۹ | تکثیر PCR                                             | دکتر یداله بهرامی  |
| ۴    | ۴۰۴/۰۸/۰۶ | جداسازی و خالص سازی DNA پلاسمیدی                      | دکتر سارا محمدزاده |
| ۵    | ۴۰۴/۰۸/۱۳ | هضم با آنزیم های محدودالانر                           | دکتر سارا محمدزاده |
| ۶    | ۴۰۴/۰۸/۲۰ | الحاق (Ligation)                                      | دکتر سارا محمدزاده |
| ۷    | ۴۰۴/۰۸/۲۷ | ترانسفورماسیون سلولهای مستعد <i>E. coli</i>           | دکتر سارا محمدزاده |
| ۸    | ۴۰۴/۰۹/۰۴ | غربالگری و کلونی PCR                                  | دکتر سارا محمدزاده |
| ۹    | ۴۰۴/۰۹/۱۱ | تایید پلاسمید نو ترکیب                                | دکتر سارا محمدزاده |
| ۱۰   | ۴۰۴/۰۹/۱۸ | مقدمه ای بر بیان پروتئین در <i>E. coli</i>            | دکتر سارا محمدزاده |
| ۱۱   | ۴۰۴/۰۹/۲۵ | راه اندازی کشت بیانی در مقیاس کم                      | دکتر سارا محمدزاده |
| ۱۲   | ۴۰۴/۱۰/۰۲ | القای بیان پروتئین                                    | دکتر سارا محمدزاده |
| ۱۳   | ۴۰۴/۱۰/۰۹ | برداشت و لیز سلول                                     | دکتر سارا محمدزاده |
| ۱۴   | ۴۰۴/۱۰/۱۶ | SDS-PAGE و وسترن بلات                                 | دکتر یداله بهرامی  |
| ۱۵   | ۴۰۴/۱۰/۲۳ | حلالیت و خالص سازی پروتئین                            | دکتر یداله بهرامی  |
| ۱۶   | ۴۰۴/۱۰/۳۰ | بررسی داده ها و عیب یابی                              | دکتر سارا محمدزاده |
| ۱۷   | ۴۰۴/۱۱/۰۷ | گزارش پروژه و نتیجه گیری                              | دکتر سارا محمدزاده |

## جدول بلوپرینت EDC

رتبه علمی: نام گروه آموزشی: بیوتکنولوژی پزشکی تعداد سوال: ۱۷

| <p>جدول بلوپرینت آزمون: مهندسی ژنتیک عملی نیمسال تحصیلی: اول ۱۴۰۵-۱۴۰۴</p> <p>دانشکده: پزشکی گروه آموزشی: بیوتکنولوژی پزشکی</p> |                                                       |                       |                           |              |                                                   |               |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------|---------------------------------------------------|---------------|--------------|
| ردیف                                                                                                                            | عنوان محتوای آموزشی                                   | مدت زمان آموزش (ساعت) | درصد زمان اختصاص داده شده | تعداد سؤالات | تعداد سؤالات مربوط به هر یک از سطوح اهداف یادگیری |               |              |
|                                                                                                                                 |                                                       |                       |                           |              | حیطه ی شناختی                                     | حیطه ی مهارتی | حیطه ی نگرشی |
| ۱                                                                                                                               | مقدمه ای بر مهندسی ژنتیک و طرح ریزی کلون سازی مولکولی | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            |                                                   |               | ۱            |
| ۲                                                                                                                               | جداسازی و خالص سازی DNA                               | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            | ۱                                                 |               |              |
| ۳                                                                                                                               | تکنیک PCR                                             | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            |                                                   | ۱             |              |
| ۴                                                                                                                               | جداسازی و خالص سازی DNA پلاسمیدی                      | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            | ۱                                                 |               |              |
| ۵                                                                                                                               | هضم با آنزیم های محدودالایر                           | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            |                                                   | ۱             |              |
| ۶                                                                                                                               | الحاق (Ligation)                                      | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            |                                                   | ۱             |              |
| ۷                                                                                                                               | ترانسفورماسیون سلولهای مستعد <i>E. coli</i>           | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            | ۱                                                 |               |              |
| ۸                                                                                                                               | غربالگری و کلونی PCR                                  | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            | ۱                                                 |               |              |
| ۹                                                                                                                               | تایید پلاسمید نو ترکیب                                | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            |                                                   | ۱             |              |
| ۱۰                                                                                                                              | مقدمه ای بر بیان پروتئین در <i>E. coli</i>            | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            |                                                   | ۱             |              |
| ۱۱                                                                                                                              | راه اندازی کشت بیانی در مقیاس کم                      | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            | ۱                                                 |               |              |
| ۱۲                                                                                                                              | القای بیان پروتئین                                    | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            |                                                   | ۱             |              |
| ۱۳                                                                                                                              | برداشت و لیز سلول                                     | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            | ۱                                                 |               |              |
| ۱۴                                                                                                                              | SDS-PAGE و وسترن بلات                                 | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            | ۱                                                 |               |              |
| ۱۵                                                                                                                              | حلالیت و خالص سازی پروتئین                            | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            |                                                   | ۱             |              |
| ۱۶                                                                                                                              | بررسی داده ها و عیب یابی                              | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            |                                                   | ۱             |              |
| ۱۷                                                                                                                              | گزارش پروژه و نتیجه گیری                              | ۴                     | ۵/۸۸                      | ۱            |                                                   |               | ۱            |