

## Purification of the recombinant beta subunit of *Vibrio cholera* enterotoxin

Zeighami H<sup>1</sup>, Sattari M<sup>1\*</sup>, Rezayat M<sup>2</sup>

1- Department of Bacteriology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- Department of Pharmacology, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Accepted: 19 May 2010, Received: 5 Apr 2010

---

### Abstract

**Background:** *Vibrio cholera* toxin B (CTB) subunit is the pentameric non-toxic portion of cholera toxin (CT) which is responsible for the holotoxin binding to the GM1 ganglioside receptor present on nucleated cells. This study was to produce, purify, and verify recombinant CTB (rCTB) subunit in prokaryotic system.

**Materials and Methods:** In this experimental study, rCTB expression vector (pET-28a) which could be induced in *E. coli* (BL21) was designed and synthesized. Then the recombinant expression strains containing the result of IPTG interaction were induced and the rCTB was generated on small and large scales. The rCTB produced through Ni<sup>2+</sup>-charged resin, after refolding and free of possible CTA contaminants, was extracted. After purification, rCTB was verified by Western blotting.

**Results:** The results indicated the level of purification to be about 480 µg of purified active pentameric rCTB for each liter of the induced culture. Also, Western blotting analysis showed that recombinant CTB is strongly and specifically recognized by polyclonal antibodies against the cholera toxin.

**Conclusion:** The findings of this study demonstrated that *E. coli* is an available host for production of CTB. In addition, the designed host and vector can be used in large scale production of this protein.

**Keywords:** Cholera Toxin, Purifying, Rctb, Western Blotting

\*Corresponding author:

Address: Department of Bacteriology, School of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Email: sattarim@modares.ac.ir

## تخلیص پروتئین نو ترکیب زیر واحد بتای انتروتوکسین ویبریو کلرا

حبيب ضیغمی<sup>1</sup>، مرتضی ستاری<sup>2\*</sup>، سید مهدی رضایت<sup>3</sup>

- 1- دانشجوی دکتری باکتری شناسی، گروه باکتری شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
2- دانشیار، دکتری باکتری شناسی پزشکی، گروه باکتری شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
3- استاد، دکتری فارماکولوژی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت 89/1/16، تاریخ پذیرش 89/2/29

## چکیده

**زمینه و هدف:** زیر واحد بتای انتروتوکسین ویبریو کلرا بخش غیرسمی و پنتامریک محسوب می شود که این بخش مسئول اتصال هولوتوکسین به گیرنده گانگلیوزید GM1 واقع در سلول های هسته دار است. در این بررسی سعی شد زیر واحد بتای توکسین ویبریوکلرا در سیستم پروکاریوتی تولید، تخلیص و تأیید گردد.

**مواد و روش ها:** در این مطالعه تجربی ابتدا حامل نو ترکیب زیر واحد بتای توکسین ویبریوکلرا pET-28a قابل القاء در داخل سویه بیانی اشرشیاکلی (BL21) طراحی و ساخته شد. سپس سویه بیانی تحت تأثیر ایزوپروپیل - بتا - دی - تیوگالاکتو پیرانوزید القاء و پروتئین نو ترکیب زیر واحد بتای توکسین ویبریوکلرا در مقیاس کوچک و بزرگ تولید شد. پروتئین نو ترکیب تولید شده با استفاده از ستون رزین نیکل پس از چند برابر شدن بدون آلودگی با زیر واحد A توکسین استخراج شد. در انتها پروتئین نو ترکیب زیر واحد بتای توکسین ویبریوکلرا استخراج و تخلیص شده با آزمایش وسترن بلاتینگ تأیید نهایی شد.

**یافته ها:** میزان تخلیص پروتئین نو ترکیب زیر واحد بتای توکسین ویبریوکلرا با این روش حدود 480 میکروگرم به ازای هر لیتر از محیط القاء شده بود. آزمایش وسترن بلاتینگ نیز نشان داد پروتئین نو ترکیب تخلیص شده به طور قوی و اختصاصی با آنتی بادی ضد انتروتوکسین ویبریو کلره واکنش می دهد.

**نتیجه گیری:** اشرشیاکلی می تواند میزبان قابل دسترسی برای تولید پروتئین نو ترکیب زیر واحد بتای توکسین ویبریوکلرا باشد. همچنین می توان از وکتور و میزبان طراحی شده برای تولید انبوه این پروتئین استفاده کرد.

**واژگان کلیدی:** تخلیص، توکسین وبا، وسترن بلاتینگ، پروتئین نو ترکیب زیر واحد بتای توکسین ویبریوکلرا (rCTB)

\* نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده پزشکی، گروه باکتری شناسی

Email: sattarim@modares.ac.ir

## مقدمه

ویریوکلا عامل سببی بیماری مهلک وبا است که اغلب کشورهای جهان سوم را درگیر می‌کند. این ارگاناسم باکتری گرم منفی است که متعلق به خانواده ویریوناسیه می‌باشد. علیرغم درمان بیماران مبتلا به وبا با جایگزینی آب و الکترولیت‌ها هنوز این بیماری با مرگ و میر زیادی همراه می‌باشد. در مناطقی که دارای وضعیت بهداشتی مطلوبی نیستند وبا اغلب به صورت اندمیک بوده و در این مناطق ناقلین بدون علامت عامل اپیدمی در بیماران با نقص ایمنی نظیر کودکان، افراد مسن و مسافران هستند (1-3).

ویریوکلا دارای فاکتورهای بیماری زایی متعددی است. این باکتری واجد دو کروموزوم است که کروموزوم I آن واجد تمام فاکتورهای بیماری زایی نظیر کلراتوکسین و پیل تنظیم شونده مرتبط با توکسین است. ویریوکلا در روده کوچک با استفاده از TCP کلونیزه شده و گیرنده‌های اپیتلیوم روده‌ای را درگیر می‌کند. پس از اتصال، باکتری انروتوکسین را به‌همراه پروتاز/هماگلوتینین آزاد می‌کند. پروتاز/هماگلوتینین خارج سلولی، مسئول شکافت زیر واحد A توکسین (CTA) در ناحیه Arg 192 و تولید دو زیر واحد کوچک‌تر (CT1, CT2) است که توسط یک پیوند ضعیف به هم متصل می‌شوند. این تغییرات پس ترجمه‌ای برای فعالیت توکسین (افزایش تولید cAMP) کاملاً ضروری است (1, 3-5).

کلرا توکسین (CT) متعلق به خانواده بزرگ توکسین‌های AB است. این توکسین پروتئین اولیگومری است که متشکل از زیر واحدهای هترودایمریک A (CTA) با وزن مولکولی حدود 27400 دالتون) و زیر واحدهای هوموپتامری B (CTB) با وزن مولکولی حدود 58000 دالتون) است. پنج مونومر CTB آرایش حلقه مانند داشته و دارای محل اتصال به GM1 سلول‌های اپیتلیال ژژنوم هستند (1, 5). CTB به تنهایی موجب تعدیل پاسخ‌های ایمنی مخاطی می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد تجویز خوراکی

CTB به همراه یک آنتی‌ژن پروتئینی موجب افزایش پاسخ‌های IgA مخاطی اختصاصی آنتی‌ژن پروتئینی در موش می‌شود (6). علاوه بر این تجویز خوراکی یا استنشاقی CTB به عنوان حاملی که به پروتئین کونژوگه شده است موجب القا پاسخ‌های IgA ترشحی نسبت به آنتی‌ژن اختصاصی می‌شود (7, 8). همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد تجویز روده‌ای پروتئین به همراه CTB به طور بسیار موثری تحمل خوراکی را نسبت به تجویز پروتئین‌ها به تنهایی القا می‌کند (8, 9).

بررسی نشان می‌دهد CT و CTB موجب افزایش تعویض ایزوتایی آنتی بادی IgA می‌شود. بنابراین CT و CTB موجب افزایش تعداد سلول‌های محرک مولد IgA در میان سلول‌های B فعال شده با لیپوبلی ساکارید موجود در پلاک‌های پیر می‌شود (10). همچنین تعویض ایزوتایی IgA القا شده توسط CTB با همکاری فاکتور رشد لنفوسیت (Tcell Growth Factor-  $\beta 1 = \text{TGF-}\beta 1$ ) بوده و نیاز به کوفاکتور IL-2 دارد (10).

در سال‌های اخیر خواص ایمونولوژیکی CT بسیار مورد توجه قرار گرفته است. امروزه CT به عنوان ایمونوژن قوی محرک مخاط دهانی بوده همچنین به عنوان ادجوانت بسیار قوی برای تجویز سایر پروتئین‌ها می‌باشد (11). سمیت CT موجب محدود شدن آن برای واکسیناسیون انسانی می‌شود. در مقابل CTB به طور وسیعی بدون عوارض جانبی به عنوان ایمونوژن مخاطی در انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا تولید پروتئین نو ترکیب CTB می‌تواند کاربرد فراوانی در تهیه واکسن‌های خوراکی داشته باشد. استفاده از آنتی‌ژن به همراه CTB موجب کاهش چشم‌گیر مقدار آنتی ژن لازم برای واکسیناسیون شده و موجب کاهش دوزهای یادآور در تجویز واکسن‌های خوراکی می‌شود (12).

تجویز CTB موجب مهار پاسخ‌های ایمونولوژیکی ناخواسته مرتبط با بیماری‌های خود ایمنی، آلرژن‌های تیپ I و رد پیوند آلوگرافت می‌شود (8, 9, 13). همچنین تجویز کونژوگه آنتی ژن-CTB به عنوان درمان به جای پیشگیری

مطرح است.

دو گانه با استفاده از دو آنزیم Xho I و Hind III انجام و محصول واکنش در هم الحاق شدند. در ادامه حامل نو ترکیب تهیه شده در DH5 $\alpha$  منتقل شد تا در حد انبوه تکثیر پیدا کند. سپس حامل نو ترکیب استخراج و به میزبان بیانی (BL21) منتقل شدند (در این بررسی با توجه به این که BL21 استفاده شده فاقد pLYsS بود لذا تنها از آنتی بیوتیک حامل استفاده شد) و در محیط LB آگار حاوی کاناماسین کشت داده شدند.

از کلنی های رشد کرده بر روی محیط LB آگار مرحله قبل، 5 میلی لیتر کلونی تک انتخاب و هر کدام به طور جداگانه به 5 میلی لیتر محیط LB براث حاوی کلرامفنیکل و کاناماسین افزوده و در دمای 37 درجه سانتی گراد قرار داده شدند. پس از این که کدورت ناشی از رشد باکتری ها به حدود 0/7 (در طول موج 600 نانومتر) رسید؛ یک میلی لیتر از هر محیط کشت به عنوان نمونه القاء نشده انتخاب شد. به 4 میلی لیتر محیط باقیمانده محلول IPTG isopropyl- $\beta$ -D-thiogalactopyranoside با غلظت نهایی 1 میلی مولار افزوده شد تا رونویسی از ژن CTB اتفاق افتد و مجدداً انکوباسیون محیط های القاء شده و القاء نشده به مدت 4 ساعت در 37 درجه سانتی گراد ادامه پیدا کرد.

برای بررسی بیان ژن CTB، کلیه سوسپانسیون های باکتریایی در 5000 $\times$ g به مدت 5 دقیقه سانتریفوژ شدند و رسوب حاصل از آنها در 100  $\mu$ l از بافر نمونه SDS-(5X)-PAGE حل و مخلوط شد. کلیه نمونه ها را به مدت 10 دقیقه در بن ماری جوش حرارت داده در نهایت کلیه نمونه ها را به مدت 10 دقیقه در بن ماری جوش حرارت داده در نهایت 20-30  $\mu$ l از نمونه ها در کنار مارکر پروتئینی الکتروفورز ژل آکریل آمید 15 درصد (SDS-PAGE) شدند. پس از رنگ آمیزی ژل با کوماسی G-250، حضور پروتئین CTB نو ترکیب در نمونه های القاء شده و القاء نشده با یکدیگر مقایسه شدند. ابتدا کشت تازه ای از باکتری BL-21 حاوی

روش های قدیمی تخلیص CTB مشتمل بر کشت انبوه باکتری سم زا و جمع آوری محیط کشتی بود که باکتری در آن رشد کرده بود. در استفاده از این روش ها با توجه به این که امکان جداسازی CTB به شکل کاملاً خالص وجود نداشت، لذا پروتئین تخلیص شده دارای مقادیری CTA و سایر پروتئین های ناخواسته بود که همین امر موجب محدود شدن استفاده از این روش ها شد.

بررسی های مختلفی در زمینه تولید این پروتئین انجام شده است، اما در تمامی این بررسی ها از سیستم ها یوکاریوتی یا ارگانسمی غیر از اشرشیاکلی استفاده شده است. با توجه به این که استفاده از سیستم بیانی پروکاریوتی ساده و مقرون به صرفه است، لذا هدف از این مطالعه استفاده از این سیستم است تا با کمترین هزینه بیشترین مقدار پروتئین تولید شود. در واقع این اولین گزارش از تولید و تخلیص پروتئین نو ترکیب CTB است که از سیستم اشرشیاکلی استفاده شده است.

### مواد و روش ها

در این مطالعه تجربی، سویه باکتری ویبریو توکسینزا از انیستیتو پاستور تهران تهیه شد. سویه های *E.coli* (DH5 $\alpha$  و BL-21) از شرکت Invitrogen و وکتور pET-28a از شرکت Novagen تهیه شد. همچنین در این بررسی از محیط های L.B آگار و مایع (مرک-آلمان) و آنتی بیوتیک کاناماسین شرکت سیگما استفاده شد.

در این بررسی از وکتور pET-28a برای بیان پروتئین CTB استفاده شد. این وکتور 5369 bp طول داشته، دارای ژن مقاومت به کاناماسین و T7 پرموتور و T7 ترمیناتور است. بدین ترتیب که ابتدا PCR بروی ژن CTB از سویه استاندارد سم زا انجام شد برای این منظور از پرایمرهای 5'-ATTAAGCTTCCATGATTAATAAATTTGG-3' و 5'-ATCCTCGAGATTGCCATACTAATTGCG-3' استفاده شد. سپس بر روی حامل و محصول PCR هضم

تخلیص پروتئین‌های نو ترکیب با روش کروماتوگرافی میل ترکیبی با رزین نیکل طبق مراحل زیر انجام گرفت: حدود 5 میلی‌لیتر از رزین نیکل (ProBond (Nickel-Chelating Resin, Invitrogen, USA در داخل ستون کروماتوگرافی جای گذاری شد. رزین با مقدار کافی از محلول Denaturation Binding Buffer (اوره 8 مولار، فسفات سدیم 20 میلی مولار، کلرید سدیم) شستشو و به تعادل رسید. انکلوژن بادی‌های حل شده در بافر گوانیدیم به آرامی بر روی ستون وارد شدند. ستون با حجم تقریبی 20 میلی‌لیتر از محلول Denaturation Wash Buffer (اوره 8 مولار، فسفات سدیم 20 میلی مولار، کلرید سدیم 500 میلی مولار) شستشو شد. شستشو با 30 میلی‌لیتر از محلول (فسفات دی‌هیدروژن سدیم 250 میلی مولار، کلرید سدیم 2/5 مولار، ایمیدازول 3 مولار) ادامه پیدا کرد. در نهایت، CTB نو ترکیب با 12-8 میلی‌لیتر از محلول Native Elution Buffer (فسفات دی‌هیدروژن سدیم 250 میلی مولار، کلرید سدیم 2/5 مولار، ایمیدازول 6 مولار) شستشو و در حجم‌های 2 میلی‌لیتری جمع‌آوری شدند. پروتئین‌های تخلیص شده بر روی ژل 15 SDS-PAGE درصد الکتروفورز و با روش برادفورد مورد سنجش قرار گرفتند.

هدف از آزمایش وسترن بلائینگ تأیید پروتئین بیان و تخلیص شده بود. برای انجام این تست، ابتدا رسوب‌های باکتریایی مرحله القاء و غیرالقاء به همراه CTB نو ترکیب خالص شده در ژل 15 درصد ژل آکریل آمید الکتروفورز SDS-PAGE (15 درصد) شدند. تعدادی کاغذ خشک کن به اندازه ژل بریده شد و به مدت 30 دقیقه در بافر انتقال (تریس - بیس، گلیاسین، متانول) قرار گرفت. غشاء PVDF (Polyvinylidene fluoride) به مدت 30 ثانیه در متانول مطلق، 1 دقیقه در آب مقطر و 5 دقیقه در بافر انتقال قرار داده شد. انتقال باندهای پروتئینی از ژل به غشاء PVDF با روش Wet در ولتاژ 25 ولت از قطب مثبت به منفی به مدت

حامل نو ترکیب تهیه شد؛ سپس 5 میلی‌لیتر از این کشت به محیط‌های کشت LB براث حاوی کانامایسین که در حجم‌های 300 میلی‌لیتری آماده شده بودند، اضافه گردید و کشت‌ها در انکوباتور شیکردار (37 درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند، پس از این که کدورت ناشی از رشد باکتری‌ها به حدود 0/7 (در طول موج 600 نانومتر) رسید، کشت‌ها با غلظت نهایی 1 میلی مولار IPTG القاء و به مدت 4 ساعت انکوبه شدند. سپس محیط‌ها در  $10000 \times g$  به مدت 15 دقیقه سانتریفوژ و رسوبات سلولی جمع‌آوری شدند.

رسوبات سلولی تهیه شده به کمک ورتکس در بافر شستشوی IB (حاوی Tris-EDTA-TritonX100) حل شد (0/1 حجم کشت اولیه) و در 70- درجه سانتی‌گراد فریز و مجدداً ذوب گردیدند. سپس از  $100 \mu\text{g/ml}$  لیزوزیم به رسوب افزوده و به مدت 30 دقیقه در دمای اتاق روی یخ قرار داده شد. به محلول‌های فوق 1 میلی مولار PMSF افزوده و عمل سونیکاسیون به تعداد 8 سیکل 2 دقیقه‌ای انجام شد. پس از سونیکاسیون، 10 میلی مولار سولفات منیزیم (برای حذف EDTA) و  $10 \mu\text{g/ml}$  آنزیم DNase به محلول سونیکیت شده افزوده و به مدت 15 دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. لیزات سلولی 10 دقیقه در  $10000 \times g$  در دمای 4 درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ شد. پلت به دست آمده به کمک ورتکس در بافر شستشوی IB بدون EDTA حل گردید. سانتریفوژ مرحله قبل تکرار و انکلوژن بادی‌ها در بافر شستشوی IB فاقد EDTA و Triton حل شدند. رسوب حاصل از سانتریفوژ (انکلوژن بادی‌ها) برای مراحل بعدی تخلیص در فریزر نگهداری شدند.

انکلوژن بادی‌های حاصل از کشت انبوه در 10 میلی‌لیتر از بافر لیز گوانیدیم (گوانیدین هیدروکلراید 6 مولار، سدیم فسفات 20 میلی مولار، کلرید سدیم 500 میلی مولار) به کمک ورتکس حل شدند و پس از سانتریفوژ ( $2000 \times g$ ، 5 دقیقه) مواد غیر محلول رسوب و مایع رویی برای انجام کروماتوگرافی آماده گردید.

تولید شده در داخل انکلوژیون بادی‌ها قرار داشتند که پس از محلول سازی، چند برابر شدن و تحت شرایط تخلیص-دنا تورا سیون و با استفاده از کروماتوگرافی تمایلی تخلیص شدند. بررسی نمونه‌های جمع‌آوری شده با SDS-PAGE نشان داد Rctb های تهیه شد به صورت مونومر بودند. همچنین آزمایش برادفورد انجام شده با استفاده از منحنی استاندارد آلبومین نشان داد؛ میزان تولید rCTB با این روش 480 میکروگرم به ازای هر لیتر بود.

در این بررسی rCTB بیان و تخلیص شده با استفاده از آنتی بادی های مونوکلونال علیه CT و آزمایش وسترن بلا تینگک تأیید شد. rCTB تخلیص شده به طور اختصاصی با آنتی بادی اختصاصی واکنش نشان داد. در این آزمایش از CTB تجاری شرکت سیگما به عنوان کنترل مثبت استفاده شد (شکل 2).

### بحث

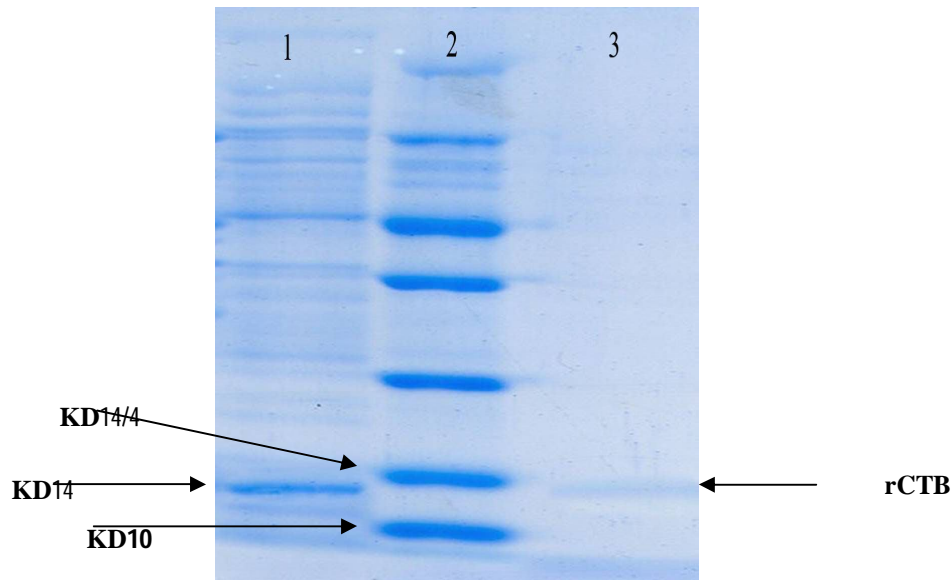
بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد CT و CTB از مهمترین و بهترین ادجوانت‌های مخاطی هستند. با توجه به سمیت CT در انسان، استفاده از آن به مدل‌های حیوانی محدود شده است. با توجه به اهمیت تولید CTB، از سیستم‌ها و میزبان‌های مختلفی برای تولید استفاده شده است. در بررسی‌های انجام شده از سیستم‌هایی نظیر اشرشیا کلی (17، 18)، لاکتوباسیلوس، باسیلوس برویس و حتی ویبریوکلرای فاقد ژن‌های CTA استفاده شده است (22-19). در تمام مطالعات انجام شده پروتئین نو ترکیب تولید شده معمولاً به صورت کونژوگه همراه سایر پروتئین‌ها بوده و خاصیت ادجوانتی آن تأیید شده است (18، 20).

CTB با اتصال کووالانتهی به آنتی‌ژن‌ها متصل شده و آنها را به سلول‌های مخاطی از طریق گانگلیوزید GM1 حمل می‌کند. این ارائه موجب تحریک و فعال شدن پاسخ‌های ایمنی از طریق میان کنش آنتی ژن با سلول‌های عرضه کننده آنتی ژن (APC) واقع در مخاط گوارشی و تنفسی می‌شود.

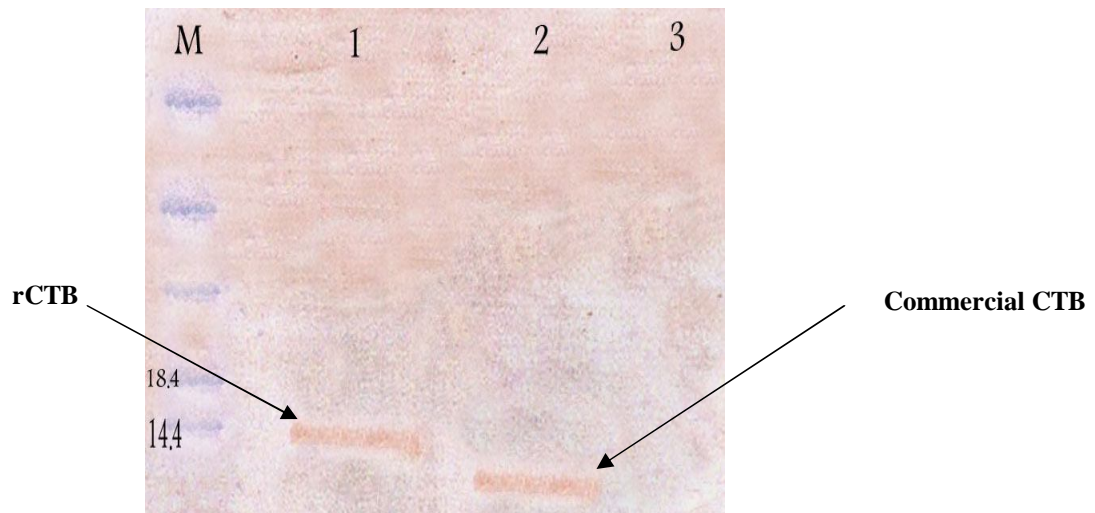
12 ساعت انجام گرفت. پس از اتمام انتقال، غشاء به مدت یک ساعت در بافر مسدود کننده (2 درصد BSA در PBS) قرار گرفت. غشاء را 4 بار هر بار به مدت 5 دقیقه در بافر PBS-T (تریس بیس، کلرید سدیم، توین 20) شستشو داده و سپس به مدت 1/5 ساعت در آنتی سرم علیه CTB که از ژاپن تهیه شده بود (رقت 1:1000 در PBS-T) قرار داده شد. غشاء پس از شستشوی مجدد به مدت 1/5 ساعت در رقت 1:2500 آنتی بادی کونژوگه با پراکسیداز (IgG-HRP Anti Rabbit) قرار داده شد. در نهایت پس از شستشوی کامل غشاء، ده میلی لیتر معرف رنگزار (0/5 میلی گرم در میلی لیتر دی آمینو بنزیدین به همراه 0/1 درصد پراکسید هیدروژن در PBS) بر روی آن اضافه شد و در تاریکی انکوبه شد و پس از ظاهر شدن باندها، غشاء با مقدار کافی آب مقطر شستشو داده شد.

### نتایج

در این بررسی از حامل نو ترکیب pET-28a/CTB پس از طراحی و تولید استفاده شد. حامل طوری طراحی شد تا پروتئین نو ترکیب CTB تولید شده در هر دو انتهای C و N ترمینال واجد انتهای 6XHis-tag بوده و تحت پروموتور T7 قابل القا باشد تا تخلیص آن با استفاده از رزین و ستون تمایلی نیکل انجام شود. بیان پروتئین نو ترکیب زیر واحد بتای انترتوکسین ویبریوکلرا (rCTB) در مقیاس کوچک و بزرگ با استفاده از الکتروفورز SDS-PAGE در ژل 15 درصد بررسی شد (شکل 1). در این بررسی بهترین و بالاترین میزان تولید زمانی بود که از غلظت یک میلی مولار به ازای هر میلی لیتر استفاده شد (برای دستیابی به این غلظت بهینه القا در غلظت‌های مختلف انجام شد، در نهایت تولید بهینه در این غلظت تأیید شد). همچنین زمانی که کشت انبوه در حجم 300-250 میلی لیتر بود بیشترین پروتئین تولیدی (480 میکروگرم به ازای هر لیتر) نسبت به حجم‌های بالاتر نظیر یک لیتر (320 میکروگرم به ازای هر لیتر کشت) وجود داشت. همچنین بررسی ما نشان داد مقادیر بالایی از پروتئین rCTB



شکل 1. بیان و تخلیص پروتئین نو ترکیب CTB. Lane 1: پروتئین rCTB بیان شده تحت تاثیر IPTG، که نشان دهنده پروتئین مربوطه است. Lane 2: مارکر پروتئینی، Lane 3: پروتئین rCTB تخلیص شده.



شکل 2. آنالیز وسترن بلائینگ rCTB با استفاده از آنتی بادی اختصاصی. Lane 1: rCTB تولید و تخلیص شده (با وزن تقریبی 14KD)، Lane 2: CTB تجاری شرکت سیگما (با وزن 12KD)، Lane 3: کنترل منفی، M: مارکر پروتئینی

نشده و تنها در مرحله آخر تخلیص شد. با این وجود مقدار کلی پروتئین تخلیص شده در ابتدا حدود 15 درصد مقدار پروتئین بیان شده بود که پس از بهبود روش تخلیص این مقدار به 45 درصد افزایش پیدا کرد. به نظر می رسد این مقدار از پروتئین نو ترکیب تولید شده توانایی تحریک تولید آنتی بادی های سیستمیک و مخاطی را داشته باشد. علت اصلی این افزایش بیشتر به دلیل کاهش حجم کشت از یک لیتر به 300

علاوه بر این CTB به عنوان سیستم انتقال بین مخاطی برای القاء تحمل دهانی مورد استفاده قرار می گیرد خصوصا زمانی که با اتوآنتی ژن ها یا آلرژن ها کونژوگه شده باشد (23,9,8). حضور دو انتهای واجد 6XHis tag در پروتئین rCTB تهیه شده موجب تسهیل تخلیص این پروتئین پس از بیان شد. علت این امر بیشتر شدن اندازه پروتئین و افزایش میزان چسبندگی آن به رزین نیکل بود که در نتیجه شستشو خارج

مناسبی برای تولید و تخلیص پروتئین نو ترکیب زیر واحد بتای انتروتوکسین ویریکلرا باشد.

### تشکر و قدردانی

با توجه به این که بررسی فوق بخشی از پایان نامه دوره دکترای نویسنده اول با عنوان "استفاده از ذرات نانو در شناسایی سریع سم ویریکلره" بود، از تمام اساتید و دانشجویان گروه باکتری شناسی دانشگاه تربیت مدرس کمال تشکر و قدردانی را دارم. ضمناً بودجه پژوهشی این طرح از طرف دانشگاه تربیت مدرس تامین شده بود.

### منابع

1. Vanden Broeck D, Horvath C, De Wolf MJS. *Vibrio cholerae*: cholera toxin. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology. 2007; 39(10): 1771-5.
2. Hill DR, Ford L, Laloo DG. Oral cholera vaccines: use in clinical practice. The Lancet Infectious Diseases. 2006; 6(6): 361-73.
3. Chinnapen DJF, Chinnapen H, Saslowsky D, Lencer WI. Rafting with cholera toxin: endocytosis and trafficking from plasma membrane to ER. FEMS microbiology letters. 2007; 266(2): 129-37.
4. Gong Z, Jin H, Jin Y, Zhang Y. Expression of cholera toxin B subunit and assembly as functional oligomers in silkworm. Journal of Biochemistry and Molecular Biology. 2005; 38(6): 717-724.
5. Haan L, Hirst TR. Cholera toxin: A paradigm for multi-functional engagement of cellular mechanisms (Review). Molecular membrane biology. 2004; 21(2): 77-92.
6. Pierre P, Denis O, Bazin H, Mbella EM, Vaerman JP. Modulation of oral tolerance to ovalbumin by cholera toxin and its B subunit. European journal of immunology. 1992; 22(12): 3179-82.
7. Wu H, Russell MW. Induction of mucosal immunity by intranasal application of a streptococcal surface protein antigen with the

میلی لیتر، برداشت باکتری‌های القا شده پس از 4 ساعت استفاده از PMSF به عنوان آنتی پروتئاز بود. همچنین در تصویر ژل الکتروفورز باندهای متعددی مشاهده می‌شود که تمامی این پروتئین‌ها مربوط به خود باکتری BL21 است که تأثیری در بیان پروتئین ما ندارد و در طی فرایند تخلیص حذف می‌شوند. بررسی ما نشان داد یکی از مهمترین مراحل که در آن میزان تخلیص پروتئین کاهش پیدا می‌کند، مراحل چند برابر کردن (Refolding) بود که طی آن مقادیر فراوانی از rCTB از دست می‌رود. اگر چه در نتایج حاصل از بررسی دیگران مقادیر ناچیزی اشکال دایمر و تترامر نیز وجود داشت، در بررسی ما پس از تخلیص تنها فرم مونومر وجود داشت. امروزه بررسی‌ها نشان داده است، تجمع و غلظت عوامل مهم تجمع اشکال مونومر CTB است. در بررسی وسترن بلائینگ با توجه به این که در نمونه تجاری از داخل ژن CTB برای بیان این پروتئین استفاده می‌شود لذا اندازه آن نسبت به پروتئین نو ترکیب ما که از کل پروتئین (حدود 14 کیلو دالتون) استفاده شده است، کوچک‌تر (حدود 12 کیلو دالتون) است.

بررسی ما اولین مورد از تولید و تخلیص پروتئین نو ترکیب زیر واحد بتای انتروتوکسین ویریکلرا است که از اشرشیاکلی به عنوان سیستم بیانی استفاده شده است. از آنجائی که اشرشیاکلی سویه بیانی ارزان، مناسب و دارای رشد سریعی است، لذا یکی از بهترین میزبان‌های بیانی محسوب می‌شود، لذا پیشنهاد می‌شود با بهبود دوباره روش بیان و تخلیص این پروتئین می‌توان مقادیر بیشتری از rCTB را تهیه نمود.

### نتیجه گیری

با توجه به اهمیت پروتئین زیر واحد بتای انتروتوکسین ویریکلرا به عنوان ادجوانت در صنعت واکسن سازی و با توجه به نتایج به دست آمده از این بررسی و مقایسه آن با بررسی‌های مشابه به نظر می‌رسد اشرشیاکلی میزبان



- cholera toxin B subunit. *Infection and immunity*. 1993; 61(1): 314-322.
- 8.Sun JB, Rask C, Olsson T, Holmgren J, Czerkinsky C. Treatment of experimental autoimmune encephalomyelitis by feeding myelin basic protein conjugated to cholera toxin B subunit. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1996;93(14):7196-7201 .
- 9.Bergerot I, Ploix C, Petersen J, Moulin V, Rask C, Fabien N, et al. A cholera toxoid-insulin conjugate as an oral vaccine against spontaneous autoimmune diabetes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1997;94(9):4610-4614.
- 10.Lycke N, Strober W. Cholera toxin promotes B cell isotype differentiation. *The Journal of Immunology*. 1989;142(11):3781-3787.
- 11.Sanchez J, Holmgren J. Cholera toxin structure, gene regulation and pathophysiological and immunological aspects. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2008;65(9):1347-60.
- 12.Sun JB, Eriksson K, Li BL, Lindblad M, Azem J, Holmgren J. Vaccination with dendritic cells pulsed in vitro with tumor antigen conjugated to cholera toxin efficiently induces specific tumoricidal CD8+ cytotoxic lymphocytes dependent on cyclic AMP activation of dendritic cells. *Clinical Immunology*. 2004; 112(1): 35-44.
- 13.Arakawa T, Yu J, Chong DKX, Hough J, Engen PC, Langridge WHR. A plant-based cholera toxin B subunit-insulin fusion protein protects against the development of autoimmune diabetes. *Nature Biotechnology*. 1998; 16(10): 934-8.
- 14.Tarkowski A, Sun JB, Holmdahl R, Holmgren J, Czerkinsky C. Treatment of experimental autoimmune arthritis by nasal administration of a type II collagen-cholera toxoid conjugate vaccine. *Arthritis & Rheumatism*. 1999; 42(8): 1628-34 .
- 15.Tamura S, Hatori E, Tsuruhara T, Aizawa C, Kurata T. Suppression of delayed-type hypersensitivity and IgE antibody responses to ovalbumin by intranasal administration of *Escherichia coli* heat-labile enterotoxin B subunit-conjugated ovalbumin. *Vaccine*. 1997; 15(2): 225-9.
- 16.Rask C, Fredriksson M, Lindblad M, Czerkinsky C, Holmgren J. Mucosal and systemic antibody responses after peroral or intranasal immunization: Effects of conjugation to enterotoxin B subunits and/or of co administration with free toxin as adjuvant. *Apmis*. 2000;108(3): 178-86.
- 17.L'hoir C, Renard A, Martial JA. Expression in *Escherichia coli* of two mutated genes encoding the cholera toxin B subunit. *Gene*. 1990;89(1):47-52.
- 18.de Geus B, Dol-Bosman M, Willem Scholten J, Stok W, Bianchi A. A comparison of natural and recombinant cholera toxin B subunit as stimulatory factors in intranasal immunization. *Vaccine*. 1997;15(10):1110-3.
- 19.Slos P, Dutot P, Reymund J, Kleinpeter P, Prozzi D, Kieny MP, et al. Production of cholera toxin B subunit in *Lactobacillus*. *FEMS microbiology letters*. 1998; 169(1): 29-36.
- 20.Isaka M, Yasuda Y, Kozuka S, Taniguchi T, Matano K, Maeyama J, et al. Induction of systemic and mucosal antibody responses in mice immunized intranasally with aluminium-non-adsorbed diphtheria toxoid together with recombinant cholera toxin B subunit as an adjuvant. *Vaccine*. 1999;18(7-8): 743-51.
- 21.Goto N, Maeyama J, Yasuda Y, Isaka M, Matano K, Kozuka S, et al. Safety evaluation of recombinant cholera toxin B subunit produced by *Bacillus brevis* as a mucosal adjuvant. *Vaccine*. 2000;18(20):2164-71 .
- 22.Rudin A, Johansson EL, Bergquist C, Holmgren J. Differential kinetics and distribution of antibodies in serum and nasal and vaginal secretions after nasal and oral vaccination of humans. *Infection and immunity*. 1998; 66(7): 3390-3396.
- 23.Sun JB, Holmgren J, Czerkinsky C. Cholera toxin B subunit: an efficient transmucosal carrier-delivery system for induction of peripheral immunological tolerance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1994; 91(23): 10795-10799.