

Immunogenicity of Amino Acid Region 7601-8140 in Biofilm Associated Protein of *Acinetobacter baumannii*

Marziyeh Jalali¹, Iraj Rasooli^{2*}, Kobra Ahmadi Zanoos¹, Abolfazl Jahangiri³,
Mohammadreza Jalali Nadooshan⁴, Shakiba Darvish Alipour Astaneh⁵

1- M.Sc. Student, Department of Biology, Shahed University, Tehran, Iran

2- Professor, Department of Biology, Molecular Microbiology Research Center, Shahed University, Tehran, Iran

3- Ph.D. Candidate, Department of Biology, Shahed University, Tehran, Iran

4- Professor, Department of Pathology, Faculty of Medicine, Molecular Microbiology Research Center, Shahed University, Tehran, Iran

5- Ph.D. Candidate, Department of Microbiology, Shahed University, Tehran, Iran

*Corresponding Address: P.O.Code: 3319118651, Department of Biology, Molecular Microbiology Research Center, Shahed University, Tehran, Iran
Email: rasooli@shahed.ac.ir

Received: 07/Dec/2013, Accepted: 13/Jan/2014

Abstract

Objective: *Acinetobacter baumannii* (*A. baumannii*) is a major hospital pathogen with a high capacity to resist most common anti-microbial agents. *A. baumannii* is the etiologic agent for various illnesses including pneumonia, meningitis, and bloodstream infections. Biofilm associated proteins (Bap) are specific cell surface proteins essential for the formation of biofilm and play a main role in its pathogenicity. Previously, we have studied various regions of this protein. Considering different criteria, some regions were introduced as conserved and immunogenic. The immunogenicity of one of those regions pertaining to amino acids 706-1076 previously examined has shown that its expression triggers high antibody levels when injected to mice thereby protecting the animals against the bacterium. The present study examines region 4 of the Bap protein in order to validate the previous bioinformatics studies and its immunogenicity.

Methods: In order to obtain immunity against this pathogen, a 1620 bp gene from Bap was amplified and cloned in pET32a. This region from Bap was cloned, expressed and verified by monoclonal antibodies. BALB/c mice were immunized by subcutaneous injection of the pure recombinant protein. Mice immune response was determined by ELISA.

Results: High titer of raised antibodies implied that the recombinant protein was a strong antigen and immunogen.

Conclusion: The results indicate that this protein can be a suitable choice for developing a new recombinant vaccine against *A. baumannii*.

Keywords: *Acinetobacter baumannii*, Biofilm associated protein, Immunogenicity

Modares Journal of Medical Sciences: *Pathobiology*, Vol 16, No 4, Winter 2014, Pages: 15-26

ایمنی‌زایی ناحیه‌ای اسیدهای آمینه ۷۶۰۱ تا ۸۱۴۰ از پروتئین Bap اسینتوباکتر بومانی

مرضیه جلالی^۱، ایرج رسولی^{۲*}، کبری احمدی زانوس^۱، ابوالفضل جهانگیری^۳، محمدرضا جلالی ندوشن^۴، شکبیا درویش علیپور آستانه^۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲- استاد، گروه زیست‌شناسی و مرکز تحقیقات میکروبیولوژی مولکولی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۳- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۴- استاد، گروه آسیب‌شناسی، دانشکده پزشکی و مرکز تحقیقات میکروبیولوژی مولکولی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۵- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه میکروبیولوژی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

*آدرس نویسنده مسئول: ایران، تهران، کدپستی: ۳۳۱۹۱۸۶۵۱، دانشگاه شاهد. بزرگراه تهران- قم رو بروی حرم مطهر امام خمینی (ره)، دانشکده علوم پایه و مرکز تحقیقات میکروبیولوژی مولکولی، گروه زیست‌شناسی
Email: rasooli@shahed.ac.ir

پذیرش مقاله: ۹۲/۱۰/۲۳

دریافت مقاله: ۹۲/۰۹/۱۶

چکیده

هدف: اسینتوباکتر بومانی یکی از پاتوژن‌های اصلی بیمارستانی است و ظرفیت بالایی برای مقاومت به انواع مواد ضد میکروبی موجود دارد. اسینتوباکتر بومانی انواع متفاوتی از عفونت‌ها شامل پنومونی، مننژیت و عفونت‌های مرتبط با خون را ایجاد می‌کند. پروتئین‌های مربوط به بیوفیلم (Bap) پروتئینی اختصاصی در سطح سلول است که مستقیماً در تشکیل بیوفیلم در اسینتوباکتر بومانی مورد نیاز است و نقش اصلی را در عفونت‌زایی باکتری بازی می‌کند. در مطالعه قبلی محققان حاضر نواحی متعددی از این پروتئین بررسی شد و با در نظر گرفتن معیارهای مختلف، چند ناحیه به عنوان نواحی حفاظت شده و ایمنی‌زا معرفی و ایمنی‌زایی یکی از این نواحی مطالعه شد. این ناحیه به اسیدهای آمینه شماره ۷۰۶-۱۰۷۶ از پروتئین بالغ مربوط می‌شود که طی بیان این ناحیه و تزریق آن به موش میزان بالایی آنتی‌بادی تولید شد که از موش در برابر این باکتری محافظت می‌کرد. در مطالعه پیش‌رو، ایمنی‌زایی ناحیه معرفی شده دیگری (ناحیه ۴) از پروتئین Bap بررسی می‌شود تا ضمن تأیید مطالعات بیوانفورماتیکی قبلی میزان ایمنی‌زایی آن ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها: در مطالعه حاضر ژن ناحیه‌ای از پروتئین Bap با ۱۶۲۰ جفت باز به وسیله واکنش زنجیره‌ای پلیمرز تکثیر و در pET32a کلون شد. این ناحیه از پروتئین بزرگ Bap با موفقیت بیان و توسط آنتی‌بادی‌های مونوکلونال تأیید شد. در این پژوهش موش‌های BALB/c به وسیله تزریق زیرپوستی پروتئین نوترکیب خالص، ایمن شده و ایجاد آنتی‌بادی در بدن موش با استفاده از الیزا ارزیابی شد.

نتایج: تیتراژ آنتی‌بادی تولید شده در سرم موش بالا بود که این امر بیانگر آنتی‌ژن‌سیسته و ایمنی‌زایی بالای این پروتئین نوترکیب است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که این پروتئین می‌تواند گزینه مناسبی برای تولید یک واکسن جدید نوترکیب باشد.

کلیدواژگان: اسینتوباکتر بومانی، پروتئین بیوفیلمی، ایمنی‌زایی

مجله علوم پزشکی مدرس: آسیب‌شناسی زیستی، دوره ۱۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، صفحات: ۱۵-۲۶

زنده متصل می‌شود و روی آن‌ها بیوفیلم تشکیل می‌دهد [۱۲] - [۱۴]. گزارش‌های محدودی درباره تولید بیوفیلم در اسیتوباکتر بومانی و رابطه آن با مقاومت دارویی این میکروارگانیسم وجود دارد [۱۵]؛ همچنین نقش سیستم ترشحی با واسطه چپرون (*Chaperone*) که در بروز پپلی در سطح سلول دخیل است، در تشکیل بیوفیلم این باکتری نشان داده شده است [۱۵]. پروتئینی در این بیماری‌زای فرصت‌طلب شناخته شده [۱۶] که تمامی معیارهای عضویت در خانواده *Bap* (Biofilm Associated Protein) را دارا است؛ این پروتئین با وزن مولکولی ۸۵۴ کیلودالتون که دارای تکرارهای متعددی از هفت الگوی مشابه است، در سطح سلول بروز یافته و نقشی کلیدی در تولید بیوفیلم توسط این باکتری دارد [۱۶]. به دنبال کشف *Bap* در استافیلوکوکوس اورئوس (*Staphylococcus aureus*)، هومولوگ‌های (*Homologue*) این پروتئین در دست کم سیزده بیماری‌زای دیگر شناسایی شد [۱۷-۲۰]. این پروتئین‌ها با وجود عدم تشابه توالی اولیه، شباهت‌های ساختاری و عملکردی زیادی دارند. در مقایسه با پروتئین *Bap* در استافیلوکوکوس اورئوس، به نظر می‌رسد هومولوگ آن در اسیتوباکتر بومانی در اتصال اولیه باکتری به سطوح غیر زنده نقش مهمی ندارد، و نقش پروتئین *Bap* اسیتوباکتر بومانی در بقا و استحکام بیوفیلم بالغ دارای اهمیت است [۱۶]. بیوفیلم‌ها جوامع سازمان یافته باکتریایی هستند که به سطوح مختلف زنده یا غیر زنده متصل می‌شوند [۲۱] و به عنوان دلیلی بر توانایی عفونت‌زایی باکتری‌ها شناخته می‌شوند [۲۲] به طوری که بیش از ۸۰ درصد عفونت‌های باکتریایی در بدن انسان در رابطه مستقیم با بیوفیلم‌ها است [۲۳]. گزارش‌ها نشانگر افزایش مقاومت باکتری‌ها به انواعی از مواد شیمیایی ضد میکروبی در بیوفیلم، نسبت به فرم تک‌زی است [۲۰]. گروهی از پروتئین‌های سطحی وجود دارد که ویژگی‌های ساختاری و عملکردی متعددی را نشان می‌دهد و نقش مهمی در فرآیند تشکیل بیوفیلم در گونه‌های مختلف باکتری‌ها دارد [۲۴]. اولین عضو این گروه از پروتئین‌ها، با عنوان *Bap* در باکتری استافیلوکوکوس اورئوس شناسایی شد [۱۷]. برخی از

جنس اسیتوباکتر (*Acinetobacter*) اولین بار در سال ۱۹۱۱ توسط بایرینک (*Beijerinck*) معرفی شد [۱]. اسیتوباکترها، باکتری‌های میله‌ای گرم منفی ضخیمی هستند که در فاز سکون (*Stationary Phase*) بیشتر به ریخت کوکوباسیل در می‌آیند [۲]. گونه‌های مهم اسیتوباکتر به عنوان فلور طبیعی پوست انسان از مناطق مرطوب پوست نظیر کشاله ران، زیر بغل و انگشتان پا جدا می‌شوند. مخازن دیگر اسیتوباکتر شامل انواع لوازم بیمارستانی، مناطق مرطوب و خشک بیمارستان، کارکنان بیمارستان و بیماران است [۳، ۴]. هر چند دست کم ۲۵ درصد افراد سالم حامل این باکتری هستند [۳]. گزارش‌های بسیاری از دخالت این میکروارگانیسم در عفونت‌های مختلف بیمارستانی وجود دارد [۵]. تعدادی از گونه‌های اسیتوباکتر به طور مستقیم در عفونت‌های انسانی دخیلند؛ از جمله این گونه‌ها اسیتوباکتر بومانی (*A. baumannii*) است که به عنوان یک بیماری‌زای مهم شناخته می‌شود. این باکتری عامل عفونت تنفسی (*Respiratory Infection*)، باکتری (*Bacteraemia*)، مننژیت (*Meningitis*) و عفونت دستگاه ادراری (*Urinary Tract Infection*) است [۳، ۶، ۷]. درمان عفونت‌های ناشی از این باکتری به دلیل مقاومت قابل توجه آن به طیف وسیعی از آنتی‌بیوتیک‌ها، بسیار دشوار است و میزان مرگ و میر بیماران آلوده در برخی از کشورها به ۷۵ درصد می‌رسد [۸]. اسیتوباکتر بومانی بیشتر در محیط‌های بیمارستانی یافت می‌شود و به علت توانایی قابل توجه آن در زنده ماندن در این محیط، امروزه بیش از پیش مورد توجه است [۹]. این بیماری‌زا رتبه دوم را بعد از سودوموناس آئروجینوزا (*Pseudomonas aeruginosa*)، در ایجاد عفونت‌های بیمارستانی (*Nosocomial Infections*) دارد [۱۰]. مکانیسم (های) بیماری‌زایی اسیتوباکتر بومانی به‌طور دقیق مشخص نیست [۱۱]. با این حال مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها یک صفت عادی و رو به گسترش در اسیتوباکتر بومانی است. عامل مهم و مؤثر دیگر در بقای این جاندار در محیط زنده و غیر زنده تشکیل بیوفیلم (*Biofilm*) است؛ این باکتری به آسانی به سطوح زنده یا غیر

مواد و روش‌ها

مواد مورد نیاز

بسیاری از مواد شیمیایی مورد استفاده شامل EDTA (Ethylenediaminetetraacetic Acid)، تترا متیل دی آمین (Tetra Methyl Diamin: TEMED)، بیس آکریل آمید، کلروفرم، فنل، اتیدیوم بروماید، پتاسیم دی هیدروژن فسفات، سدیم دی هیدروژن فسفات، دی سدیم هیدروژن فسفات، بی کربنات سدیم، توین-۲۰، اسید فسفریک، SDS (Sodium Dodecylsulfate)، اوره، اسید کلریدریک، کلرید سدیم، ایزوپروپانل، ۲-مرکاپتو اتانول، بروموفنل بلو (Bromophenol Blue)، کوماسی بلو R250، کوماسی بلو G250، هیدروکسید سدیم، هیدروکسید آمونیوم، اسید استیک گلاسیال، متانول، استون و اتانول از شرکت Merck (آلمان) تهیه شد. اسید بوریک، تریس بازیک (Tris Base)، IPTG (Isopropyl thio-β-D-), پودر ژل آگارز معمولی و آگارز با نقطه ذوب پایین (Low Melting Point Agarose) و آمونیوم پرسولفات (APS)، پلی اکریل آمید از شرکت Merck (آلمان) تهیه شد. آنتی بیوتیک‌های آمپی سیلین و کانامایسین از شرکت Roche (آلمان) و ناقل بیانی pET32a از شرکت Novagen (آمریکا) خریداری شد. آنزیم‌های محدود الاثر *EcoRI*, *HindIII* و آنزیم‌های T4 DNA Ligase، آنزیم‌های DNA پلیمراز Taq از شرکت سینژن (ایران، نماینده Fermentas لیتوانی) تهیه و بر اساس دستورالعمل‌های ارائه شده از سوی شرکت استفاده شد. کیت تخلیص DNA پلاسمیدی و کیت استخراج و تخلیص DNA از ژل آگارز از شرکت Bioneer (کره) تهیه شد. برای تخلیص پروتئین نوترکیب از ستون Ni-NTA agarose resin استفاده شد که از شرکت QIAGEN (آلمان) خریداری شد. سویه *E. coli* BL21-DE3 برای تهیه سلول‌های مستعد استفاده شد. ادجوانت ناقص و کامل فروند (Freund's Adjuvant) از مؤسسه رازی تهیه شد. از آنتی‌بادی پلی کلونال Anti IgG موشی کونزوگه با آنزیم پروکسیداز (HRP) به عنوان آنتی‌بادی اختصاصی برای انجام الایزا (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) استفاده شد.

ویژگی‌های ساختاری این پروتئین‌ها شامل حضور آن‌ها در سطح خارجی باکتری‌ها، وزن مولکولی بالا و وجود هسته مرکزی (Core Domain) متشکل از تکرارهای متوالی از توالی‌های مشابه است. این پروتئین‌ها به باکتری قابلیت تشکیل بیوفیلم می‌دهد و به این ترتیب نقش مهمی در عفونت‌زایی بیماری‌زها دارد [۲۴]. پروتئین وابسته به بیوفیلم اسیتوباکتر بومانی، Bap با ۸۶۲۰ اسید آمینه، pI (pH ایزوالکتریک) پیش‌بینی شده حدود ۳ و وزن مولکولی حدود ۸۵۴ کیلودالتون یکی از بزرگ‌ترین و اسیدی‌ترین پروتئین‌های پروکاریوتی است [۱۶]. این پروتئین شامل تکرارهای متوالی از هفت الگوی مختلف است. این الگوها از A تا G نام گذاری شده‌است؛ در این پروتئین پنج رونوشت از واحد A (۵۴ تا ۹۹ درصد)، ۲۲ رونوشت از تکرار B (۷۲ تا ۱۰۰ درصد)، ۲۱ رونوشت از تکرار C (۷۳ تا ۱۰۰ درصد)، ۲۸ رونوشت از تکرار D (۷۸ تا ۱۰۰ درصد)، ۲ رونوشت از تکرار E (۶۲ درصد)، ۲ رونوشت از تکرار F (۶۷ درصد) و ۳ رونوشت از تکرار G (۳۶ تا ۵۱ درصد) وجود دارد (اعداد داخل پرانتزها نشان دهنده درصد یکسانی اسیدهای آمینه در بین خود تکرارهاست) [۲۵]. بیشتر تلاش‌ها معطوف به شناسایی ساختار، عملکرد و نقش این پروتئین‌ها در بیماری‌زایی استافیلوکوکوس اورئوس بوده است [۱۷، ۲۴]. تنها پژوهش مشابه در اسیتوباکتر بومانی، توسط لوفلم (Loehfelm) انجام شده که منجر به کشف همولوگ دیگری از Bap، در این میکروارگانیسم شده است [۱۶]. در مطالعه‌ای که توسط آقای رهبر و همکاران صورت گرفته است، نواحی متعددی از این پروتئین بررسی شده و با در نظر گرفتن معیارهای مختلف، ۴ ناحیه به عنوان نواحی حفاظت شده و ایمنی‌زا معرفی شده است [۲۵]. ایمنی‌زایی یکی از این نواحی (ناحیه ۲) پروتئین توسط آقای فتاحیان و همکاران بررسی شد. این ناحیه به اسیدهای آمینه شماره ۷۰۶-۱۰۷۶ از پروتئین بالغ مربوط می‌شود که طی بیان این ناحیه و تزریق آن به موش میزان بالایی آنتی‌بادی تولید شد که از موش در برابر این باکتری محافظت می‌کرد [۲۶]. در مطالعه پیش‌رو، ایمنی‌زایی ناحیه معرفی شده دیگری (ناحیه ۴) از پروتئین Bap بررسی شد.

ایمنی‌زایی Bap اسیتوباکتر بومانی

مخلوط رویی به تیوپ دیگری منتقل شد و هم حجم آن مخلوط فتل - کلروفرم - ایزوآمیل الکل اضافه شد. مخلوط به آرامی تکان داده شد (۱۵-۳۰ ثانیه) تا دو فاز با هم ترکیب شود. سپس به مدت ۲۰-۲۵ دقیقه در ۲۰۰۰-۲۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ شد. مخلوط رویی به تیوپ دیگری منتقل شد و هم حجم آن (حدود ۵۰۰ میکرولیتر) ایزوپروپانول که در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شد، اضافه و مخلوط به آرامی تکان داده شد. به منظور افزایش کارایی عمل رسوب کردن DNA، مخلوط به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۲۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ شد و ایزوپروپانول آن خارج شده و به رسوب حاصل حدود ۱ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد اضافه شد و مجدداً مخلوط در ۲۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ شد. الکل دور ریخته شده و رسوب حاصل در محیط آزمایشگاه یا ۳۷ درجه سانتی‌گراد خشک شد. به رسوب حاصل ۵۰ میکرولیتر بافر TE اضافه شد و سپس برای حذف RNA احتمالی موجود در آن ۳-۵ میکرولیتر آنزیم RNase A به مخلوط اضافه شد و به مدت ۱۲-۱۶ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

طراحی آغازگر (Primer)

برای تکثیر ناحیه مورد نظر که ۱۶۲۰ جفت باز طول دارد، یک جفت آغازگر با استفاده از نرم‌افزار Oligo طراحی شد. با استفاده از نرم‌افزار CLC آنزیم‌های محدود کننده مؤثر بر قطعه مورد نظر بررسی شد (جدول ۱).

تکثیر قطعه مورد نظر

قطعه ژنی مورد نظر با استفاده از واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) تکثیر شد و در ژل آگارز ۱ درصد و به کمک رنگ‌آمیزی با اتیدیوم بروماید مشاهده شد و برای تأیید محصول واکنش زنجیره‌ای پلیمرز از آنزیم محدود کننده PstI استفاده شد.

استفاده (ELISA) DAB (Diaminobenzidine) و TMB از شرکت Sigma (آمریکا) تهیه شد و در نهایت موش آزمایشگاهی سوری نژاد BALB/C از مؤسسه پاستور تهیه شد.

روش‌ها

باکتری‌های مورد استفاده

در این تحقیق از باکتری‌های اسیتوباکتر بومانی (ATCC 19606) و strain BL21(DE3) *E. coli* استفاده شد که برای کشت این باکتری‌ها از محیط مایع یا جامد (Lauria -Bertani) استفاده شد.

استخراج ژنوم از باکتری اسیتوباکتر بومانی ATCC 19606

برای استخراج ژنوم باکتری اسیتوباکتر بومانی که یک باکتری گرم منفی است از روش زیر استفاده شد:

۱/۵ میلی‌لیتر از کشت مایع به مدت ۲-۵ دقیقه در ۵۰۰۰-۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. مخلوط رویی (Supernatant) دور ریخته شد و رسوب (Pellet) حاصل در ۵۶۷ میکرولیتر بافر TE با تکان‌های شدید حل شد. به این مخلوط ۳۰ میکرولیتر از بافر SDS ۱۰ درصد و سپس ۳ میکرولیتر از آنزیم پروتئیناز K (Proteinase K) (۲۰ میلی‌گرم/میلی‌لیتر) اضافه شد و مخلوط حاصل به خوبی تکان داده شد و به مدت ۱-۳ ساعت در ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. به مخلوط حاصل ۱۰۰ میکرولیتر نمک NaCl ۵ مولار اضافه شد و مخلوط به آرامی تکان داده شد. به مخلوط حاصل ۸۰ میکرولیتر محلول CTAB/NaCl (Hexadecyl-trimethyl-ammonium Bromide) اضافه شد و به آرامی تکان داده شد و مخلوط به مدت ۱۰-۱۵ دقیقه در ۶۵ درجه سانتی‌گراد گرمادهی شد. به مخلوط حاصل به اندازه حجم آن (۷۸۰ میکرولیتر)، مخلوط کلروفرم - ایزوآمیل الکل (به نسبت ۲۴ کلروفرم و ۱ ایزوآمیل الکل) اضافه شد. مخلوط حاصل به آرامی تکان داده شد تا دو فاز با هم ترکیب شود. سپس مخلوط حاصل در ۴ درجه سانتی‌گراد و در ۲۰۰۰-۲۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰-۲۵ دقیقه سانتریفوژ شد.

جدول ۱ توالی آغازگرهای رفت و برگشت برای تکثیر قطعه ۴ از ژن Bap

آغازگر	توالی	آنزیم	طول (جفت باز)	دمای ذوب (درجه سانتی گراد)
رفت	TATATGAATTCATGGTTGTAGCAGATGGCACGAGCAT	EcoRI	۳۷	۶۸/۳
برگشت	TATCTACTCGAGTTAATTACCATTTTCAGCTGTAACAGC	HindIII	۳۹	۶۵/۳

ساخت سازواره نو ترکیب

محصول واکنش زنجیره‌ای پلیمرز، با استفاده از روش ژل آگارز با نقطه ذوب پایین، بازیابی شد. سپس به کمک آنزیم‌های *EcoRI* و *HindIII* محصول واکنش زنجیره‌ای پلیمرز و حامل ژنی (PET-32a) که برای کلون نمودن این قطعه در نظر گرفته شده بود، به صورت جداگانه هضم شد. آن‌گاه به منظور تهیه سازواره‌های نو ترکیب، با استفاده از آنزیم T4 DNA Ligase واکنش الحاق قطعه مورد نظر و حامل برش خورده صورت گرفت. محصول این واکنش، با استفاده از روش شوک حرارتی به سلول‌های میزبان (*E. coli* B121-DE3) مستعد تراریخت شد.

بیان قطعه همسانه‌سازی شده

ابتدا تک کلونی باکتری حاوی سازه نو ترکیب انتخاب شد و در محیط‌های LB مایع حاوی ۸۰ میکروگرم/ میلی‌لیتر آمپی‌سیلین به مدت ۱۵ ساعت در شیکر انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتیگراد و با ۱۵۰ دور در دقیقه کشت داده شد. میزان ۱۰۰ میکرولیتر از کشت به صورت جداگانه در دو لوله حاوی ۵ میلی‌لیتری محیط LB دارای ۸۰ میکروگرم/ میلی‌لیتر آمپی‌سیلین اضافه و مانند بالا انکوبه شد. پس از رسیدن جذب نوری لوله‌ها به ۰/۵ در طول موج ۶۰۰ نانومتر به یکی از لوله‌ها IPTG با غلظت نهایی ۱ میلی‌مولار در شرایط استریل اضافه و لوله دوم به عنوان شاهد انتخاب شد. لوله‌های آزمون و شاهد هم به مدت ۵ ساعت و هم به مدت ۱۶ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و با ۱۵۰ دور در دقیقه در شیکر انکوباتور انکوبه شد. پس از اتمام زمان فوق، مقدار ۱/۵ میلی‌لیتر از هر کدام از محیط‌های کشت آزمون و شاهد با ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت

۱۵ دقیقه سانتریفوژ و سلول‌ها جمع‌آوری شدند. محلول رویی نیز به منظور بررسی حضور پروتئین به صورت محلول نگهداری شد. سلول‌های جمع‌آوری شده به مدت یک شب در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد قرارداد شدند. سپس به آن‌ها به میزان ۱۰۰ میکرولیتر اوره ۸ مولار اضافه شد و طی چهار مرحله سلول‌ها با استفاده از امواج فراصوت شکسته شدند. سلول‌های خرد شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. محلول رویی جدا گشته و به آن بافر نمونه با رقت ۱۰X اضافه شد و به مدت ۵ دقیقه در آب جوش حرارت داده شد.

بررسی پروتئین بیان شده به وسیله SDS-PAGE

با توجه به این‌که وزن تئوری پروتئین نو ترکیب بیان شده حدود ۷۰ کیلودالتون محاسبه شد، بنابراین از ژل ۱۲ درصد برای بررسی بیان آن استفاده شد. پس از اتمام الکتروفورز، ژل SDS-PAGE مورد نظر با استفاده از کوماسی بلو رنگ‌آمیزی شد. با استفاده از این روش می‌توان تا ۰/۱ میکروگرم پروتئین را روی ژل تشخیص داد.

لکه‌گذاری وسترن به منظور تأیید پروتئین بیان شده

به منظور انجام لکه‌گذاری وسترن مقدار ۵ میکرولیتر از نمونه‌های قبل و بعد از بیان در ژل SDS-PAGE الکتروفورز شد. سپس از طریق الکتروبلاتینگ (Electroblotting)، به کاغذ نیتروسولوز منتقل و با محلول Ponceau S رنگ‌آمیزی شد تا از عمل انتقال اطمینان حاصل شود. کاغذ نیتروسولوز به مدت ۲ ساعت در داخل بافر تثبیت کننده شناور شد. برای انجام بهتر عمل تثبیت، تانک روی شیکر قرارداد شد. پس از

تخلیص پروتئین نو ترکیب به کمک کروماتوگرافی میل

ترکیبی Ni-NTA

به دلیل قرار گرفتن برچسب هیستیدین در ابتدای پروتئین نو ترکیب مورد نظر، این پروتئین با استفاده از ستون کروماتوگرافی میل ترکیبی Ni-NTA، تخلیص شد. مجدداً این پروتئین در ژل SDS-PAGE مشاهده و خلوص آن بررسی شد.

ایمن‌سازی موش‌های آزمایشگاهی با پروتئین نو ترکیب

به منظور تولید آنتی‌بادی، ۳ بار عمل تزریق به صورت زیر پوستی صورت گرفت. در تزریق اول مقدار ۲۰ میکروگرم از پروتئین نو ترکیب بعد از این که با حجم مناسبی از بافر PBS و ادجوانت فروند کامل مخلوط شد، به هر موش تزریق شد. به موش‌های که به عنوان کنترل منفی در نظر گرفته شده‌اند حجم برابری بافر PBS به همراه ادجوانت تزریق شد. بعد از ۱۵ روز تزریق دوم انجام شد که در این تزریق مقدار ۱۵ میکروگرم از پروتئین نو ترکیب همراه با ادجوانت فروند ناقص به هر موش تزریق شد. تزریق سوم نیز به فاصله ۱۵ روز بعد از تزریق دوم انجام شد که ۱۰ میکروگرم از پروتئین به موش‌ها تزریق شد. در تزریقات دوم و سوم مانند تزریق اول به هر موش کنترل حجم برابری از PBS و ادجوانت نیز تزریق شد. در این تحقیق تعداد ۱۵ موش به عنوان آزمون بررسی شد. همچنین برای تأیید پاسخ و جلوگیری از بررسی جواب کاذب، ۵ موش به عنوان شاهد انتخاب شد. برای تأیید تولید آنتی‌بادی و ایجاد پاسخ ایمنی، ۷ روز پس از دومین تزریق، همچنین ۷ روز پس از سومین تزریق از ۱۵ موش آزمون و ۵ موش کنترل خون‌گیری به عمل آمد. سپس سرم هر موش جدا شد و هر سرم به صورت جداگانه برای قابلیت شناسایی و اتصال با پروتئین نو ترکیب Bap، توسط روش ELISA بررسی شد.

تعیین میزان تولید آنتی‌بادی توسط آزمون ELISA

به منظور تأیید ایمن‌سازی موش‌ها و همچنین مشاهده تیتراژ آنتی‌بادی در پی هر تزریق، سنجش ELISA غیر مستقیم در

اتمام زمان، کاغذها با بافر (Phosphate Buffered) PBST (Saline Tween-20) شستشو شد. محلول آنتی‌بادی ضد هیستیدین با رقت ۱:۸۰۰۰ در بافر PBST به منظور وسترن بلائینگ (Western Blotting) و تأیید پروتئین تهیه و روی کاغذ نیتروسلولز ریخته شد و به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق روی شیکر قرار گرفت. سپس کاغذ نیتروسلولز به مدت ۲ ساعت در محلول آنتی‌بادی ثانویه که با رقت ۱:۱۰۰۰ در داخل بافر PBST تهیه شده بود در دمای اتاق روی شیکر قرار گرفت و پس از آن با بافر PBST سه بار و هر بار به مدت ۱۵ دقیقه شستشو داده شد. پس از این مرحله، کاغذ در معرض محلول DAB (3,3'-Diaminobenzidine) که به صورت تازه تهیه شده بود و H_2O_2 به عنوان سوستر به آن افزوده شده بود قرار گرفت. پس از ظهور باندها واکنش PBS مهار شد.

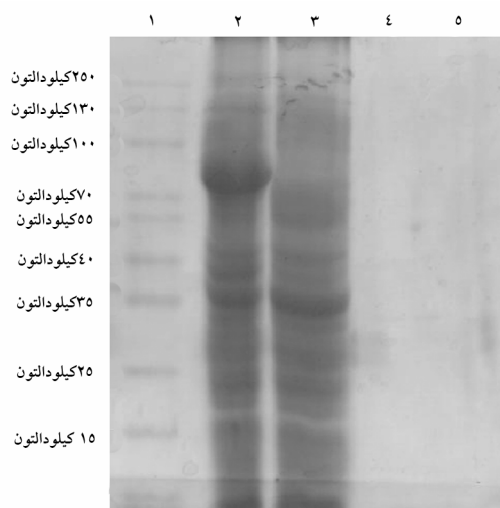
بیان پروتئین نو ترکیب در مقیاس آزمایشگاهی

پس از اطمینان از بیان پروتئین و تأیید آن با روش‌های فوق، به منظور تخلیص پروتئین‌های نو ترکیب اقدام به بیان در حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر شد. عمل تلقیح از کشت‌های شبانه انجام گرفت. بعد از این که محیط کشت به جذب نوری ۰/۵ در طول موج ۶۰۰ نانومتر رسید، عمل القا با افزودن IPTG با غلظت ۱ میلی‌مولار انجام شد. پس از القا به مدت ۵ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و ۲۰۰ دور در دقیقه، سلول‌ها به کمک سانتریفوژ در مدت زمان ۱۵ دقیقه و با ۵۰۰۰ دور در دقیقه در فالتکون‌های ۵۰ میلی‌لیتری، جمع‌آوری شد و محیط رویی دور ریخته شد. سپس سلول‌های هر فالتکون در ۳ میلی‌لیتر اوره ۸ مولار حل شدند. در ادامه با کمک سونیکاتور با قدرت رزونانس ۷۵ درصد و تکثیر ۰/۵ در ۴ چرخه ۲۰ ثانیه‌ای سلول‌ها شکسته شدند، پس از هر دور به سلول‌ها ۱۵ دقیقه در محیط آزمایشگاه استراحت داده شد. محلول رویی پس از جمع‌آوری به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و با ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. محلول رویی جمع‌آوری و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

محصول واکنش زنجیره‌ای پلیمرز به منظور بررسی روی ژل آگارز ۱ درصد الکتروفورز شد. در نتیجه هضم آنزیمی با آنزیم *PstI* قطعاتی به طول ۲۱۹ جفت باز و ۱۴۰۱ جفت باز به دست آمد. اندازه قطعات به دست آمده از هضم آنزیمی با تجزیه و تحلیل نرم‌افزاری منطبق بوده و دلیلی بر درستی محصول واکنش زنجیره‌ای پلیمرز است.

سازواره نوترکیب

پلاسمید و قطعه تکثیرشده بعد از برش آنزیمی روی ژل آگارز ۱ درصد، الکتروفورز شدند. غربال‌گری سلول‌های میزبان *E. coli* BL21(DE3) حاوی پلاسمید روی محیط LB آگار حاوی آمپی‌سیلین انجام شد. کلونی‌های به دست آمده به وسیله واکنش زنجیره‌ای پلیمرز و با استفاده از آغازگرهای طراحی شده برای قطعه مورد نظر تأیید شد. همچنین پلاسمیدهای کلونی‌های تأیید شده استخراج شد و با آنزیم‌هایی که برای همسانه‌سازی استفاده شده بود، هضم شد. محصول هضم آنزیمی روی ژل آگارز ۱ درصد بارگذاری و مشاهده شد.



شکل ۱ بررسی بیان ژن نوترکیب به کمک SDS-PAGE؛ ستون (۱) نشانه اندازه مولکولی پروتئین، ستون (۲) حاوی محصول لیز سلولی بعد از القا، ستون (۳) محصول لیز سلولی بدون القا و کنترل منفی، ستون (۴ و ۵) پروتئین محلول در سوپ رویی قبل از لیز سلولی

پلیت‌های ۹۶ چاهکی که با پروتئین نوترکیب Bap (در هر چاهک ۲ میکروگرم) پوشش داده شده بود، انجام شد. پس از انجام بلاکینگ با افزودن ۱۰۰ میکرولیتر از رقت ۱/۱۰۰ سرم موش‌های ایمن شده و کنترل به چاهک‌های اول، رقت‌های متوالی تهیه شد.

پس از شستشو با PBS-T (PBS + 0.05 Tween)، کونژوگه ضد آنتی‌بادی IgG موشی با رقت ۱/۳۰۰۰ به چاهک‌ها اضافه و سپس سوبسترای TMB (3,3',5,5'-Tetramethylbenzidine) به چاهک‌ها افزوده شد و بعد از ۱۰ تا ۱۵ دقیقه، واکنش با اسید سولفوریک مهار و در طول موج ۴۵۰ نانومتر، شدت رنگ با قرائت‌گر ELISA (ELISA Reader) خوانده شد.

نتایج

استخراج DNA کروموزومی باکتری اسیتوباکتر

بومانی

پس از کشت باکتری و نگهداری به مدت یک شب در محیط کشت LB مایع، DNA کروموزومی آن با روش اشاره شده استخراج و کیفیت و کمیت آن با الکتروفورز روی ژل آگارز ۰/۵ درصد بررسی شد. این ژنوم به عنوان منبع ژنوم برای مراحل بعدی استفاده شد.

آغازگرها و آنزیم محدود کننده مؤثر

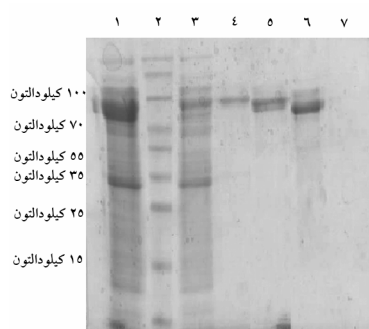
آنزیم محدودکننده *PstI* ژن Bap را در محل نوکلئوتید ۲۱۹ برش داد به گونه‌ای که ژن به دو قسمت با طول‌های ۲۱۹ و ۱۴۰۱ جفت باز تبدیل شد.

تجزیه و تحلیل محصول واکنش زنجیره‌ای پلیمرز

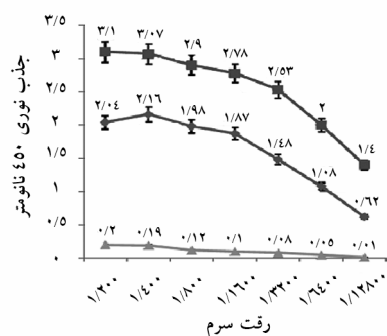
پس از انجام واکنش زنجیره‌ای پلیمرز با آنزیم *Taq* پلیمرز با آغازگرهای طراحی شده برای قسمت انتخابی ژن Bap،

تخلیص پروتئین

پروتئین نوترکیب هدف با کمک ستون میل ترکیبی Ni-NTA پس از شستشو با بافرهای شستشو دهنده C با $pH=7.3$ و D با $pH=5.9$ و بافر فروشویی E با $pH=4.5$ (ترکیب همه بافرهای ذکر شده شبیه به بافر B بوده و تنها pH آن‌ها تنظیم شده است) تخلیص شد و نتایج با SDS-PAGE بررسی شد. در شکل ۳ نتیجه تخلیص قطعه نوترکیب *Bap* را مشاهده می‌کنید.



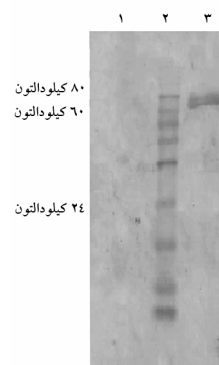
شکل ۳ بررسی تخلیص پروتئین نوترکیب *Bap* با ستون میل ترکیبی Ni-NTA روی ژل SDS-PAGE ۱۲ درصد؛ ستون (۱) بیان پروتئین نوترکیب، ستون (۲) نشانه اندازه مولکولی پروتئین، ستون (۳) نمونه خروجی ستون پس از بارگذاری محلول حاوی پروتئین نوترکیب، ستون (۴ و ۵) نمونه‌های خروجی ستون پس از شستشو با بافرهای شستشو دهنده، ستون (۶) نمونه خروجی ستون پس از فروشویی با بافر E، ستون (۷) نمونه خروجی پس از شستشو با ایمیدازول (Imidazole)



شکل ۴ تیتراسیون سرم موش‌های ایمن شده بعد از یادآورهای اول و دوم و موش‌های کنترل به وسیله ELISA غیر مستقیم؛ این نمودار نتایج ELISA رقت‌های مختلف از سرم موش‌های ایمن شده با *Bap* را علیه این پروتئین نشان می‌دهد. انحراف از معیار در این نمودار به ازای هر عدد به وسیله یک بازه از اطراف نقطه نشان داده شده است.

بیان و تأیید پروتئین نوترکیب

برای مشخص کردن وضعیت پروتئین، پس از بیان پروتئین در همسانه انتخاب شده و به دنبال آن شکستن سلول‌های باکتری با استفاده از سونیکاسیون، بقایای سلولی و سایر اجزای نامحلول با سانتریفوژ از عصاره شفاف سلولی جدا شد. در ادامه عصاره محلول و این رسوب، در بافر نمونه پروتئینی حل شده و با SDS-PAGE بررسی شد. شکل ۱ نتیجه بیان سازواره نوترکیب را در *E.coli* BL21DE3 نشان می‌دهد. تصویر ژل نشان دهنده بیان پروتئین نوترکیب به صورت مجتمع‌های نامحلول است.



شکل ۲ روش لکه‌گذاری وسترن پروتئین نوترکیب *Bap* با آنتی‌هیستیدین؛ (۱) سوپ حاوی لیز سلولی القا نشده، (۲) نشانه اندازه مولکولی پروتئین، (۳) سوپ حاوی لیز سلولی القا شده

تأیید پروتئین به روش لکه‌گذاری وسترن

از آن‌جا که روش SDS-PAGE تنها تولید پروتئینی با وزن مولکولی معین را نشان می‌دهد، برای اطمینان از درستی ماهیت پروتئین تولید شده، از روش لکه‌گذاری وسترن استفاده شد. برای انجام لکه‌گذاری وسترن سوپ سلولی حاوی پروتئین نوترکیب چاهک بارگیری شدند. پس از انجام لکه‌گذاری وسترن به کمک آنتی‌هیستیدین باندی در حدود ۷۰ کیلودالتون روی کاغذ نیتروسلولز مشخص شد که این باند در نمونه القا نشده وجود نداشت (شکل ۲).

بررسی تیتراژ آنتی بادی علیه پروتئین نو ترکیب در

سرم موش

در شکل ۴ نمودار مقادیر میانگین جذب نوری به دست آمده به همراه انحراف معیار و برای رقت های مختلف نشان داده شده است. از آنجایی که برای واکنش ELISA از آنتی بادی ضد IgG استفاده شد، تیتراژ آنتی بادی نشان داده شده در سرم مربوط به IgG است.

بحث

اسیتوباکتر بومانی بیشتر در محیط های بیمارستانی یافت می شود و به علت توانایی قابل توجه آن در زنده ماندن در این محیط، امروزه بیش از پیش به آن توجه می شود [۹]. رتبه دوم این بیماری را بعد از سودوموناس آئروجینوزا، در ایجاد عفونت های بیمارستانی [۱۰] اهمیت توجه و مطالعه آن را نشان می دهد. اخیراً مطالعه ای در مورد پروتئین Bap این بیماری را توسط آقای رهبر و همکاران در فضای مجازی صورت گرفته که ۴ قطعه آنتی ژنیک در آن معرفی شده است. بررسی های بیوانفورماتیکی نشان داده است که این ۴ ناحیه توانایی القای تولید آنتی بادی را دارد و می تواند به عنوان آنتی ژن عمل کند [۲۵]. از آنجایی که نواحی معرفی شده حاصل مطالعه بیوانفورماتیکی است، بررسی عملی ایمنی زایی این نواحی به منظور اعتبار بخشی نتایج حاصل از مطالعه بیوانفورماتیکی کاری ارزشمند است. از طرفی بیان پروتئینی با وزن بیش از ۸۰۰ کیلو دالتون (Bap) در میزبان بیانی اشیریشیا کلی (*E. coli*) و با سیستم های بیانی معمول نظیر pET غیر ممکن به نظر می رسد؛ بنابراین بررسی بیان و ایمنی زایی نواحی معرفی شده امری منطقی است. ایمنی زایی قطعه ۲ این پروتئین توسط فتاحیان و همکاران تأیید شد. در این مطالعه قطعه ۴ از پروتئین Bap استینوباکتر بومانی که ۱۶۲۰ جفت باز (۵۴۰ اسید آمینه) دارد و در موقعیت ۷۶۰۱ تا ۸۱۴۰ قرار دارد [۲۵]، بیان شد و تولید آنتی بادی آن در موش BALB/c بررسی شد. در بین

۴ ناحیه معرفی شده توسط رهبر و همکاران ناحیه ۴ تنها ناحیه ای است که به پایانه C پروتئین مربوط می شود. به منظور تهیه پروتئین مذکور به شکل نو ترکیب، از سیستم بیانی pET استفاده شد که امکان دستیابی به بیان بالای پروتئین در میزبان اشیریشیا کلی را فراهم می سازد. همچنین این سیستم به دلیل افزودن نشان هیسیتیدین به پروتئین مورد نظر تخلیص تک مرحله ای با روش کروماتوگرافی میل ترکیبی را امکان پذیر می کند. پس از ایمن سازی موش ها با پروتئین نو ترکیب تخلیص شده، ELISA غیر مستقیم نشان داد که تیتراژ آنتی بادی تولید شده نسبتاً بالاست، زیرا در رقت ۱/۱۲۸۰۰ نیز غلظت آنتی بادی برای اتصال به آنتی ژن کفایت کرده و هنوز به رقت حداقل نرسیده است. این میزان تیتراژ آنتی بادی بیانگر تحریک مطلوب سیستم ایمنی از سوی آنتی ژن است؛ بنابراین این ناحیه را می توان به عنوان یک ایمنی زای قوی معرفی کرد. همچنین نتایج ELISA بیانگر این است که آنتی بادی های ایجاد شده شده علیه قطعه پروتئینی نو ترکیب Bap قادر به شناسایی اپی توپ های موجود در این ناحیه است. باید در نظر داشت که هر آنتی ژن الزاماً یک ایمنی زای نیست. آنتی ژنسیته به میانگین بین آنتی بادی و مولکول هدف اطلاق می شود و یک پدیده شیمیایی است در حالی که ایمنی زایی یک پدیده زیستی است و به توانایی تحریک سیستم ایمنی باز می گردد. در این پژوهش نشان داده شد که این ناحیه از پروتئین Bap باکتری اسیتوباکتر بومانی قادر به القای پاسخ ایمنی هومورال است؛ بنابراین علاوه بر آنتی ژنسیته، ایمنی زایی آن نیز اثبات شد. حفظ شده بودن (Conserve) این زیر واحد از پروتئین در بین سوش های مختلف دارای اهمیت است. به این ترتیب این ناحیه می تواند هدف مناسبی برای تولید واکسن باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دانشگاه شاهد و معاونت محترم پژوهشی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ایران برای حمایت های مالی اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی به عمل می آید.

- [1] Beijerinck M. Pigmenten als oxydatieproducten gevormd door bacterien. Versl Koninklijke Akad Wetensch Amsterdam 1911; 19: 1092-103.
- [2] Towner K. The genus *Acinetobacter*. In: Dworkin M, Falkow S, Scheifer KH, Rosenberg E, Stackebrandt E. Prokaryotes, Volume 6, New York: Springer, 2006; p: 746-58.
- [3] Chaari A, Mnif B, Bahloul M, Mahjoubi F, Chtara K, Turki O, Gharbi N, Chelly H, Hammami A, Bouaziz M. *Acinetobacter baumannii* ventilator-associated pneumonia: epidemiology, clinical characteristics, and prognosis factors. Int J Infect Dis 2013; 17(12): e1225-8.
- [4] Peleg AY, Seifert H, Paterson DL. *Acinetobacter baumannii*: emergence of a successful pathogen. Clin Microbiol Rev 2008; 21(3): 538-82.
- [5] Towner KJ. *Acinetobacter*: an old friend, but a new enemy. J Hosp Infect 2009; 73(4): 355-63.
- [6] Chang HC, Wei YF, Dijkshoorn L, Vaneechoutte M, Tang CT, Chang TC. Species-level identification of isolates of the *Acinetobacter calcoaceticus*-*Acinetobacter baumannii* complex by sequence analysis of the 16S-23S rRNA gene spacer region. J Clin Microbiol 2005; 43(4): 1632-9.
- [7] van den Broek PJ, Arends J, Bernards AT, De Brauwier E, Mascini EM, van der Reijden TJ, Spanjaard L, Thewessen EA, van der Zee A, van Zeijl JH, Dijkshoorn L. Epidemiology of multiple *Acinetobacter* outbreaks in The Netherlands during the period 1999-2001. Clin Microbiol Infect 2006; 12(9): 837-43.
- [8] Dijkshoorn L, Nemec A, Seifert H. An increasing threat in hospitals: multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*. Nat Rev Microbiol 2007; 5(12): 939-51.
- [9] Espinal P, Martí S, Vila J. Effect of biofilm formation on the survival of *Acinetobacter baumannii* on dry surfaces. J Hosp Infect 2012; 80(1): 56-60.
- [10] Jeong SH, Bae IK, Park KO, An YJ, Sohn SG, Jang SJ, Sung KH, Yang KS, Lee K, Young D, Lee SH. Outbreaks of imipenem-resistant *Acinetobacter baumannii* producing carbapenemases in Korea. J Microbiol 2006; 44(4): 423-31.
- [11] Gordon NC, Wareham DW. Multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*: mechanisms of virulence and resistance. Int J Antimicrob Agents 2010; 35(3): 219-26.
- [12] Cevahir N, Demir M, Kaleli I, Gurbuz M, Tikvesli S. Evaluation of biofilm production, gelatinase activity, and mannose-resistant hemagglutination in *Acinetobacter baumannii* strains. J Microbiol Immunol Infect 2008; 41(6): 513-8.
- [13] Lee HW, Koh YM, Kim J, Lee JC, Lee YC, Seol SY, Cho DT, Kim J. Capacity of multidrug-resistant clinical isolates of *Acinetobacter baumannii* to form biofilm and adhere to epithelial cell surfaces. Clin Microbiol Infect 2008; 14(1): 49-54.
- [14] Milletti Sezgin F, Coban AY, Gunaydin M. Investigation of biofilm formation in *Acinetobacter baumannii* isolates and their colistin susceptibilities in biofilm. Int J

- Antimicrob Agents 2013; 41(2): 199.
- [15] Tomaras AP, Dorsey CW, Edelmann RE, Actis LA. Attachment to and biofilm formation on abiotic surfaces by *Acinetobacter baumannii*: involvement of a novel chaperone-usher pili assembly system. Microbiology 2003; 149(Pt 12): 3473-84.
- [16] Loehfelm TW, Luke NR, Campagnari AA. Identification and characterization of an *Acinetobacter baumannii* biofilm-associated protein. J Bacteriol 2008; 190(3): 1036-44.
- [17] Cucarella C, Solano C, Valle J, Amorena B, Lasa I, Penadés JR. Bap, a *Staphylococcus aureus* surface protein involved in biofilm formation. J Bacteriol 2001; 183(9): 2888-96.
- [18] Donlan RM, Costerton JW. Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. Clin Microbiol Rev 2002; 15(2): 167-93.
- [19] Hall-Stoodley L, Costerton JW, Stoodley P. Bacterial biofilms: from the natural environment to infectious diseases. Nat Rev Microbiol 2004; 2(2): 95-108.
- [20] Luppens SB, Reij MW, van der Heijden RW, Rombouts FM, Abee T. Development of a standard test to assess the resistance of *Staphylococcus aureus* biofilm cells to disinfectants. Appl Environ Microbiol 2002; 68(9): 4194-200.
- [21] Stoodley P, Sauer K, Davies DG, Costerton JW. Biofilms as complex differentiated communities. Annu Rev Microbiol 2002; 56: 187-209.
- [22] Costerton JW, Stewart PS, Greenberg EP. Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. Science 1999; 284(5418): 1318-22.
- [23] Blackwell HE. Bacterial crowd control with iron. Chem Biol 2005; 12(7): 721-3.
- [24] Lasa I, Penadés JR. Bap: a family of surface proteins involved in biofilm formation. Res Microbiol 2006; 157(2): 99-107.
- [25] Rahbar MR, Rasooli I, Mousavi Gargari SL, Amani J, Fattahian Y. In silico analysis of antibody triggering biofilm associated protein in *Acinetobacter baumannii*. J Theor Biol 2010; 266(2): 275-90.
- [26] Fattahian Y, Rasooli I, Mousavi Gargari SL, Rahbar MR, Darvish Alipour Astaneh S, Amani J. Protection against *Acinetobacter baumannii* infection via its functional deprivation of biofilm associated protein (Bap). Microb Pathog 2011; 51(6): 402-6.