

Investigation of the bacteriocin effect of lactic acid probiotic bacteria isolated from dairy products of Nadushan region, Yazd

Porshaker M, Hesampour A *

Department of Biology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, I. R. Iran

Received: 2018/07/17 | Accepted: 2018/12/26

Abstract:

Background: Among probiotics, *Lactobacillus* species with bacteriocin activities have been used in microbial biotechnology as safe biological preservatives. So, this study aimed to determine antimicrobial activity of bacteriocins of *Lactobacillus* species isolated from lactic acid bacteria in traditional dairy products.

Materials and Methods: In this experimental study, isolated lactic acid bacteria from local yoghurt of Nadushan region were used as probiotics with a bacteriocin production potential. The bacteriocin effect of isolated lactic acid bacteria was investigated against seven pathogenic bacteria using well diffusion and disk methods.

Results: The results of well diffusion analysis showed that the most growth inhibitory effect against *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* pathogen bacteria was caused by isolated lactic acid bacteria including *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus caesium* and *Lactobacillus plantarum*, respectively. Also, the results of disc method showed that the highest inhibitory effect against the bacterial pathogens was caused by *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus caesium*, respectively. Although antimicrobial compounds were inactivated by proteolytic enzymes, they showed stability against variant pH and temperature treatments.

Conclusion: It seems that bacteriocin of the probiotics isolated from dairy products of this region can be used as a safe and healthy biological preservative in food industry.

Keywords: *Lactobacillus*, Bacteriocin, Pathogenic, Antimicrobial

* Corresponding Author.

Email: a.hesampour@gmail.com

Tel: 0098 912 301 7118

Fax: 0098 214 460 0182

Conflict of Interests: *No*

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, April, 2019; Vol. 23, No 1, Pages 36-44

Please cite this article as: Porshaker M, Hesampour A. Investigation of the bacteriocin effect of lactic acid probiotic bacteria isolated from dairy products of Nadushan region, Yazd. *Feyz* 2019; 23(1): 36-44.

بررسی اثر باکتریوسینی باکتری‌های اسید لاکتیک با خاصیت پروبیوتیک جدا شده از محصولات لبنی محلی منطقه ندوشن یزد

مهدی پورشاگر^۱، اردشیر حسام‌پور^{۲*}

خلاصه:

سابقه و هدف: در میان پروبیوتیک‌ها، لاکتوباسیل‌ها با فعالیت باکتریوسینی به‌عنوان نگهدارنده زیستی سالم و بی‌خطر کاربری متعددی در زیست‌فن‌آوری میکروبی دارند. لذا، بررسی و تعیین فعالیت ضد میکروبی باکتریوسین لاکتوباسیل‌های بومی موجود در محصولات لبنی سنتی با قابلیت طیف وسیع درمانی حائز اهمیت می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهشی تجربی پس از نمونه‌گیری و جداسازی لاکتوباسیل‌های بومی از ماست محلی منطقه ندوشن، از آنها به‌عنوان پروبیوتیک و تولیدکننده باکتریوسین استفاده شد. اثر باکتریوسین تولیدی بر علیه ۷ سویه باکتریایی بیماری‌زا به‌روش‌های چاهک و دیسک بررسی شد.

نتایج: نتایج حاصل از روش چاهک نشان داد که بیشترین اثر مهارکنندگی روی باکتری‌های پاتوژن *استافیلوکوکوس اپیدرمیس*، *اشریشیا کلی*، *استافیلوکوکوس اورئوس*، *انتروکوکوس فکالیس* و *کاندیدا آلیکانز* به‌ترتیب مربوط به سویه‌های اسید لاکتیک بومی جداسازی شده شامل لاکتوباسیلوس دلبروکی، لاکتوباسیلوس کازئی و لاکتوباسیلوس پلانتاروم است. بر پایه روش دیسک، بیشترین میزان مهارکنندگی علیه باکتری‌های بیماری‌زا به‌ترتیب مربوط به لاکتوباسیلوس دلبروکی، لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس کازئی بود. اگرچه ترکیبات ضد میکروبی تولید شده، توسط آزمون‌های پروتئولیتیک غیرفعال شدند، ولی در برابر طیف وسیعی از تغییرات pH و حرارت فعالیت خود را حفظ کردند.

نتیجه‌گیری: می‌توان از باکتریوسین پروبیوتیک‌های جداسازی شده از محصولات لبنی محلی منطقه ندوشن یزد به‌عنوان نگهدارنده زیستی سالم و بی‌خطر استفاده نمود.

واژگان کلیدی: لاکتوباسیل، باکتریوسین، پاتوژن، ضد میکروبی

دو ماه‌نامه علمی-پژوهشی فیض، دوره بیست و سوم، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۹۸، صفحات ۴۴-۳۷

مقدمه

باکتری‌های اسید لاکتیک معمولاً به‌عنوان ارگانسم‌های محافظ غذایی در نظر گرفته می‌شوند که با دارا بودن ویژگی‌های اختصاصی به‌عنوان کشت‌های محافظ کارایی دارند. بعضی از باکتری‌های اسیدلاکتیک دارای عملکردهای ضد میکروبی هستند که ناشی از فعالیت پپتیدهای کوچک و مقاوم به حرارت به نام باکتریوسین می‌باشند [۲]. علی‌رغم آنکه باکتریوسین‌ها توسط بسیاری از باکتری‌های گرم مثبت و منفی تولید می‌شوند، اما از آنجایی که باکتری‌های اسید لاکتیک بی‌ضرر می‌باشند، به‌طور کلی تمایل بیشتری برای استفاده از باکتریوسین‌های آنها وجود دارد. باکتری‌های لاکتیک شامل لاکتوکوکوس و لاکتوباسیلوس هستند که به‌علت توانایی گسترده آنها در تولید باکتریوسین‌ها و نقش نگهدارنده‌ای که دارند، امروزه مورد توجه خاص پژوهشگران قرار گرفته‌اند [۳]. باکتریوسین‌ها، ماکرومولکول‌های خارج سلولی هستند که به‌صورت آنتی‌بیوتیک‌های پروتئینی یا پپتیدی توسط گونه‌های مختلف باکتری تولید می‌شوند و تأثیرات کشندگی روی باکتری‌های مشابه یا نزدیک دارند [۴]. باکتریوسین‌ها خاصیت ضد میکروبی طبیعی علیه میکروب‌های گرم مثبت و منفی دارند و خود باکتری مولد باکتریوسین معمولاً توسط یک پروتئین ایمن‌ساز که برای هر باکتریوسین اختصاصی است، از اثر

در سال‌های اخیر با مشخص شدن مضرات برخی از نگهدارنده‌های شیمیایی، محققین توجه خود را به ترکیبات نگهدارنده طبیعی معطوف کرده‌اند؛ زیرا نگهداری مواد غذایی و کنترل کیفیت آن از نظر میکروبی یکی از مشکلات و چالش‌های تولیدکنندگان مواد غذایی است [۱]. در این راستا، باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB) و متابولیت‌های آنها در جهت بهبودی ایمنی میکروبی و افزایش ماندگاری مواد غذایی تحت عنوان نگهدارنده‌های زیستی معرفی شده‌اند.

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زیست‌شناسی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۲ استادیار، گروه زیست‌شناسی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

* نشانی نویسنده مسئول:

گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد تهران مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تلفن: ۰۹۱۲۳۰۱۷۱۱۸ | دهرنویس: ۰۲۱ ۴۴۶۰۰۱۸۲-۳

پست الکترونیک: a.hesampour@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۲۶ | تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۱۰/۵

باکتریوسین تولیدی محافظت می‌شود [۵]. اکثر باکتریوسین‌ها با خاصیت آب‌دوستی یا آب‌گریزی غشای سلولی را هدف می‌گیرند، درحالی‌که برخی از آن‌ها بیوستنز پلیمرهای زیستی و یا فعالیت آنزیم‌ها را نیز مهار می‌کنند و تاثیرات مهاری خود را اعمال می‌نمایند [۶]. باکتریوسین‌ها در مقابل حرارت، pH پایین، حلال‌های آلی ضعیف، سرما، نمک‌ها و آنزیم‌ها مقاوم بوده و در نتیجه قابلیت کاربرد در سیستم‌های حفاظت از غذا را دارند [۷]. پروتئین‌هایی که در انتقال باکتریوسین از عرض غشاء دخالت دارند، پروتئین‌های تنظیمی هستند که موجب ایمنی می‌شوند [۸]. تاکنون باکتریوسین‌های زیادی شناسایی و دسته‌بندی شده‌اند که مهم‌ترین آنها نایسین، اسیدوفیلین، بولگارین، هلوئیسین، لاکتاسین، لاکتولین و پلانتراسین هستند [۹]. باکتریوسین‌های تولید شده توسط باکتری‌های اسیدلاکتیک به ۴ کلاس تقسیم می‌شوند که شامل لانتی-بیوتیک‌ها، غیر لانتی‌بیوتیک‌ها، باکتریوسین‌های کلاس III و IV می‌باشد [۱۱،۱۰]. مکانیسم‌های اثر متفاوت و متعددی برای باکتریوسین‌ها گزارش شده است که از آن جمله می‌توان به ایجاد تغییر در فعالیت آنزیمی، مهار جوانه زنی اسپور و غیرفعال کردن حامل‌های آنیونی از طریق ایجاد منافذ اختصاصی و غیر اختصاصی در غشا اشاره نمود [۱۳،۱۲]. در مورد اثر درمانی محصولات لبنی سنتی مطالعات متعددی در ایران انجام شده که منجر به دستیابی به نتایج علمی و تائید اثربخش بودن محصولات لبنی سنتی شده است، به طوری که سویه‌های میکروبی پروبیوتیکی لاکتوباسیل، بیفیدوباکتریوم و اشیریشیا کلی از منابع طبیعی متعدد جداسازی شده و اثرات ضد میکروبی باکتریوسین آن‌ها بررسی شده است [۱۵،۱۴]. هدف پژوهش حاضر بررسی اثر ضد باکتریایی باکتریوسین‌های سویه‌های جداسازی شده بومی لاکتوباسیل با خاصیت پروبیوتیک از محصولات لبنی منطقه ندوشن استان یزد است تا بتوان به‌عنوان نگهدارنده زیستی سالم و بی‌خطر از آنها استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

تهیه لاکتوباسیل‌های بومی

نمونه‌های ماست سنتی محلی تهیه شده و پس از کشت در محیط اختصاصی MRS (De Man, Rogosa and Sharpe) Broth (Merck) در دمای 37°C به مدت ۱۸ ساعت، جداسازی لاکتوباسیل‌ها انجام شد. سپس، DNA ژنومی توسط کیت اختصاصی (Takara)، استخراج شده و با استفاده از روش‌های مولکولی، تعیین توالی ژن $stDNA$ ۱۶ توسط کمپانی

جداسازی باکتریوسین

سویه‌های تولیدکننده باکتریوسین در محیط MRS broth به مدت ۴۹ ساعت انکوبه شده و سپس کشت‌ها در دمای 12°C با g ۲۵۲۰۰ سانتریفیوژ شد. به منظور کاهش فعالیت مهارکنندگی اسید-های آلی تولید شده، pH محیط تخمیری توسط سود ۴ نرمال خنثی شد. هم‌چنین، برای حذف سلول‌های باکتریایی، سوسپانسیون در g ۲۸۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد و سوپرناتانت جدا گردید. سوپرناتانت حاصله به آرامی در مجاورت یخ با ایزوپروپانول سرد با نسبت ۱۰ درصد حجمی مخلوط شد. سپس، نمونه‌ها به مدت ۴۰ دقیقه با g ۲۵۲۰۰ در دمای 4°C سانتریفیوژ شده و رسوب حاصله در بافر سترات ۰/۱ مولار و pH برابر ۴/۵ حل شده و از نظر فعالیت باکتریوسینی مورد بررسی قرار گرفت. از محیط کشت MRS broth استریل به‌تنهایی پس از تیمارهای موازی به‌عنوان کنترل منفی استفاده شد. نمونه حاصله به مدت ۴۸ ساعت با بافر فسفات (۰/۰۶ مولار و pH برابر ۷) در 4°C تحت دیالیز قرار گرفت و سپس با استفاده از معرف نسلر حذف یون‌های آمونیوم از محلول اثبات گردید [۱۵].

باکتری‌های پاتوژن

هفت سویه باکتریایی بیماری‌زا شامل میکروکوکوس لوتئوس (PTCC1169)، باسیلوس سرئوس (PTCC1247)، استافیلوکوکوس اپیدرمیس (PTCC1435)، اشیریشیا کلی (PTCC1399)، استافیلوکوکوس اورئوس (PTCC1431)، اتروکوکوس فکالیس (PTCC1393) و کاندیدا آلبیکنز (PTCC5027) به‌صورت لیوفلیزه از مرکز کلکسیون قارچ‌ها و باکتری‌های ایران (سازمان پژوهش‌های صنعتی ایران) تهیه گردیده و پس از تهیه و کشت در محیط نوترینت برات با کدورت ۰/۵ مک‌فارلند مورد استفاده قرار گرفتند.

مرحله میزان فعالیت ضد میکروبی این محلول‌ها به روش رقت سازی در چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت. فعالیت باکتریوسین که به صورت واحدهای فعال در هر میلی‌لیتر بیان می‌گردد، از فرمول $2^n \times (1000/100) = \text{AU/ml}$ به دست آمد. در این فرمول n شماره آخرین چاهکی است که سویه معرف در آن هیچ رشدی نداشته و کدورتی مشاهده نشده است [۱۷]. به منظور تعیین اثر دما بر میزان فعالیت باکتریوسین، مایع رویی خشتی شده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰، ۳۰ و ۴۵ دقیقه و همچنین در دمای 100°C به مدت ۱۰ دقیقه و در نهایت در دمای 121°C به مدت ۱۵ دقیقه (حرارت اتوکلاو) حرارت داده شد و میزان اثر مهارتی آن بررسی گردید [۱۸]. برای بررسی اثر pH روی فعالیت باکتریوسین، pH مایع رویی محیط کشت با استفاده از NaOH ۵ مولار و HCl ۵ مولار استریل بین ۱۰-۲ تنظیم شد و نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند. پس از این مدت، pH نمونه‌ها روی ۷ تنظیم شد و میزان فعالیت ضد میکروبی آنها بررسی گردید [۱۸]. سوپرناتانت سویه‌های بومی لاکتوباسیل که تحت هیچ تیمار پروتئازی، دما و تغییرات pH قرار نگرفته بودند، به عنوان شاهد با ۱۰۰ درصد فعالیت در نظر گرفته شدند و درصد فعالیت باکتریوسینی سوپرناتانت‌های نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور کاهش خطا هر آزمون چهار بار تکرار شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شده و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون تحلیل واریانس دوسویه (Two-Way ANOVA) استفاده شد. حدود اطمینان در تمامی آزمایشات ۹۵ درصد در نظر گرفته شد و $P < 0.05$ معنی‌دار محسوب گردید [۱۶-۱۴].

نتایج

نمونه‌های باکتریایی جداسازی شده در این آزمون سویه-های باکتریایی لاکتوباسیلوس دلبروکی، لاکتوباسیلوس پلاتناروم، استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس کازئی بودند که از نمونه‌های ماست محلی منطقه ندوشن تهیه شده و فعالیت ضد میکروبی آنها علیه هفت سویه بیماری‌زا به روش‌های چاهک و دیسک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌های ضد میکروبی نشان داد که سویه‌های جداسازی شده از طریق باکتریوسین خود اثر مطلوبی بر باکتری‌های پاتوژن داشته و توانستند باکتری‌های پاتوژن را سرکوب نمایند. نتایج بررسی به روش چاهک حاکی از

تعیین فعالیت باکتریوسینی

روش چاهک

طی این روش از سوسپانسیون باکتری‌های بیماری‌زای کشت داده شده در محیط نوترینت براث با سوآپ استریل روی محیط مولر هیتون آگار کشت داده شد. سپس، به کمک پیت پاستور استریل چاهک‌هایی روی محیط ایجاد شده و از سوپرناتانت لاکتوباسیل‌های بومی جدا شده از ماست به میزان ۰/۱ میلی‌لیتر در چاهک‌ها ریخته شد. بعد از خشک شدن محیط، پلیت‌ها در انکوباتور 37°C به مدت ۲۴ ساعت گرم‌خانه‌گذاری شدند. سپس، قطر هاله عدم رشد ایجاد شده توسط باکتری‌های اسید لاکتیکی بومی علیه هریک از باکتری‌های بیماری‌زا توسط خط‌کش بر حسب واحد میلی‌متر اندازه‌گیری شد [۱۶].

روش دیسک دیفیوژن آگار

در این روش دیسک‌های کاغذی استریل با قطر ۶ میلی‌متر به سوپرناتانت باکتری‌های اسید لاکتیکی به مدت ۵ دقیقه آغشته شده و دیسک‌ها در دمای 37°C به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند تا به طور کامل خشک شوند. سپس، از سوسپانسیون باکتری‌های بیماری‌زای کشت داده شده در محیط نوترینت براث با سوآپ استریل روی محیط مولر هیتون آگار کشت داده شده و دیسک‌های آغشته به محلول رویی باکتری‌های اسید لاکتیک با فاصله معین از یکدیگر و از لبه پلیت روی سطح محیط مولر هیتون آگار قرار داده شدند. پلیت‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای 37°C انکوبه شدند. جهت تعیین اثر ضد میکروبی هر کدام از سویه‌های لاکتوباسیل جداسازی شده، یک نمونه شاهد (کشت هر-کدام از باکتری‌های پاتوژن به تفکیک بدون افزودن لاکتوباسیل) در نظر گرفته شد و مقایسه اثر ضد میکروبی هر لاکتوباسیل جدا شده با گروه شاهد نظیر خود انجام شد و قطر هاله عدم رشد توسط خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد.

بررسی اثر آنزیم‌ها، حرارت و pH بر فعالیت باکتریوسین

جهت مطالعه اثر آنزیم‌های مورد نظر بر فعالیت باکتریوسین، آنزیم‌های پپسین (۳: pH)، پروتیناز K و تریپسین (۷: pH) (Sigma)، در غلظت نهایی یک میلی‌گرم در میلی‌لیتر استفاده گردید. به ۲۰۰ میکرولیتر از مایع رویی خشتی شده از باکتری‌های تولید کننده باکتریوسین به طور جداگانه ۲۰ میکرولیتر از محلول آنزیم‌ها اضافه شد. سپس، این محلول‌ها به مدت ۲ ساعت در انکوباتور 37°C قرار گرفتند. پس از آن با حرارت دادن محلول‌ها در 100°C به مدت ۲۵ دقیقه آنزیم‌ها غیر فعال گردیدند. در این

لاکتوباسیلوس پلاتناروم است. میزان مهارکنندگی برای همه سویه‌های بررسی شده پس از اندازه‌گیری هاله عدم رشد بین ۶ تا ۱۴ میلی‌متر تعیین شد. بیشترین میزان مهارکنندگی علیه باکتری‌های بیماری‌زای میکروکوکوس لوتنوس، باسیلوس سرئوس، استافیلوکوکوس اپیدرمیس، اش‌ریشیا کلی، استافیلوکوکوس اورئوس، انتروکوکوس فکالیس و کاندیدا آلبیکانز به‌ترتیب شامل لاکتوباسیلوس دلبروکی، لاکتوباسیلوس پلاتناروم و لاکتوباسیلوس کازئی بود. به‌منظور بررسی ماهیت عامل ضد میکروبی استخراج شده، از اثر آنزیم‌های پروتئازی پپسین، پروتیناز K و تریپسین روی میزان فعالیت باکتریوسین با روش رقت‌سازی در برابر نمونه کنترل که تیماری روی آن انجام نگرفته بود، استفاده شد. نتایج نشان داد اثر ضد میکروبی و مهارتی سویه‌های جداسازی شده به‌وسیله پروتازها به‌طور قابل توجهی از بین می‌رود. لذا، این نتایج احتمالاً تأییدی بر پروتئینی بودن عامل مهارتی تولید شده در این سویه‌ها است. جهت تعیین میزان پایداری خاصیت مهارتی باکتریوسین‌ها، حرارت بالا و pH های مختلف روی فعالیت ضد میکروبی استفاده شد و میزان فعالیت باکتریوسین تیمار شده به روش رقت‌سازی در مقایسه با نمونه شاهد بدون تیمار مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سویه‌های جداسازی شده از نظر مقاومت دمایی به‌طور کامل در برابر حرارت پایدار هستند و این درحالی‌است که بعد از ۱۵ دقیقه حرارت دیدن در اتوکلاو فعالیت خود را حفظ کردند. هم‌چنین، نتایج نشان داد که اثر ضد میکروبی مشاهده شده در شرایط اسیدی و قلیایی به نسبت پایدار است (جدول شماره ۳).

توانایی اثر مهارکنندگی لاکتوباسیل‌ها بود؛ به‌طوری‌که هاله عدم رشد از ۵ تا ۱۴ میلی‌متر متفاوت بود. بیشترین میزان مهارکنندگی مربوط به سویه‌های لاکتوباسیلوس دلبروکی و لاکتوباسیلوس پلاتناروم بود (جدول شماره ۱). از بین باکتری‌های اسید لاکتیکی و در ارتباط با اثر مهارکنندگی بر میکروکوکوس لوتنوس، سویه لاکتوباسیلوس پلاتناروم بیشترین میزان مهارکنندگی را نشان داد (۱۳/۲۱±۰/۳۱ میلی‌متر) و به‌دنبال آن سویه لاکتوباسیلوس دلبروکی با میزان مهارکنندگی ۱۲/۴۰±۰/۴ میلی‌متر قرار داشت. لاکتوباسیلوس دلبروکی بیشترین اثر مهارکنندگی بر باسیلوس سرئوس داشت که قطر آن ۱۳/۷۸±۰/۸ میلی‌متر بود. هم‌چنین، برای این باکتری پاتوژن سویه لاکتوباسیلوس کازئی با اثر مهارکنندگی با قطر هاله ۷/۷۶±۰/۳ میلی‌متر کمترین اثر را داشت. بیشترین اثر مهارکنندگی برای باکتری‌های پاتوژنی استافیلوکوکوس اپیدرمیس، اش‌ریشیا کلی، استافیلوکوکوس اورئوس، انتروکوکوس فکالیس و کاندیدا آلبیکانز به‌ترتیب مربوط به باکتری‌های اسید لاکتیک لاکتوباسیلوس دلبروکی (۱۴±۰/۶ میلی‌متر)، لاکتوباسیلوس کازئی (۱۲/۲۰±۰/۶ میلی‌متر)، لاکتوباسیلوس پلاتناروم (۱۳/۸۴±۰/۸) و لاکتوباسیلوس کازئی (۵/۱۲±۰/۳) بودند. در ادامه میزان مهارکنندگی فعالیت باکتریوسینی سویه‌های بومی جداسازی شده در مهار باکتری‌های بیماری‌زا برحسب روش دیسک بر علیه تمام سویه‌های پاتوژن به روش دیسک تعیین شد (جدول شماره ۲). بررسی نتایج بررسی به روش دیسک نشان داد که بیشترین میزان مهارکنندگی مجدد مربوط به سویه‌های لاکتوباسیلوس دلبروکی و

جدول شماره ۱- میزان مهارکنندگی (میلی‌متر) سویه‌های جداسازی شده از ماست بومی در مهار باکتری‌های بیماری‌زا بر حسب روش چاهک

	میکروکوکوس لوتنوس	باسیلوس سرئوس	استافیلوکوکوس اپیدرمیس	اش‌ریشیا کلی	استافیلوکوکوس اورئوس	انتروکوکوس فکالیس	کاندیدا آلبیکانز
لاکتوباسیلوس دلبروکی	۱۲/۴۰±۰/۴	۱۳/۷۸±۰/۸	۱۴±۰/۶	۱۱/۸۳±۰/۷	۱۲/۲۶±۰/۴	۹/۱۲±۰/۳	۱۳/۲۲±۰/۴
لاکتوباسیلوس پلاتناروم	۱۳/۲۱±۰/۳۱	۱۳/۲۴±۰/۲	۱۲/۲۳±۰/۳	۱۲±۰/۸	۱۳/۵۴±۰/۶	۱۳/۸۴±۰/۸	۱۲/۱۴±۰/۸
استرپتوکوکوس ترموفیلوس	۱۱/۴۳±۰/۷	۱۲/۳۵±۰/۴	۱۳/۶۵±۰/۶	۸/۱۴±۰/۳	۶/۲۵±۰/۳	۸/۵۳±۰/۶	۹/۴۵±۰/۴
لاکتوباسیلوس کازئی	۱۱/۲۷±۰/۴۷	۷/۸۶±۰/۲	۱۳/۱۰±۰/۵	۱۲/۲۰±۰/۶	۱۰/۴۴±۰/۵	۱۱/۳۶±۰/۸	۵/۱۲±۰/۳

جدول شماره ۲- میزان مهار کنندگی (میلی‌متر) سویه‌های جداسازی شده از ماست بومی در مهار باکتری‌های بیماری‌زا بر حسب روش دیسک دیفیوژن

میکروکوکوس لوتوس	باسیلوس سرئوس	استافیلوکوکوس اپیدرمیس	اشرشیاکلی	استافیلوکوکوس اورئوس	انتروکوکوس فکالیس	کاندیدا
۱۳/۳۲±۰/۴	۱۱/۷۸±۰/۸	۱۳/۱۴±۰/۶	۹/۸۵±۰/۵	۱۱/۳۲±۰/۸	۸/۱۴±۰/۵	۱۳/۵۵±۰/۷
لاکتوباسیلوس دلبروکی	لاکتوباسیلوس پلاتاروم	استرپتوکوکوس ترموفیلوس	لاکتوباسیلوس کازئی	۱۰/۸۳±۰/۸	۱۲/۷۳±۰/۹	۷/۳۱±۰/۵
۱۰/۸۳±۰/۸	۱۲/۲۶±۰/۶	۱۱/۲۶±۰/۳	۹/۱۶±۰/۹	۱۲/۷۳±۰/۹	۷/۸۶±۰/۳	۱۲/۳۴±۰/۹
۱۰/۸۳±۰/۸	۱۲/۲۶±۰/۶	۱۱/۲۶±۰/۳	۹/۱۶±۰/۹	۱۲/۷۳±۰/۹	۷/۸۶±۰/۳	۱۲/۳۴±۰/۹
۱۰/۸۳±۰/۸	۱۲/۲۶±۰/۶	۱۱/۲۶±۰/۳	۹/۱۶±۰/۹	۱۲/۷۳±۰/۹	۷/۸۶±۰/۳	۱۲/۳۴±۰/۹

جدول شماره ۳- بررسی اثر آنزیم‌های پروتئازی، pH و دما بر فعالیت باکتریوسین در مقابل سویه استافیلوکوکوس اورئوس

تیمار	ویژگی تیمار	درصد فعالیت
تیمار	شاهد	۱۰۰
آنزیم‌های پروتئولیتیک	پپسین	صفر
	ترپسین	صفر
	پروتیناز K	صفر
دما	۶۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۹۰
	۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۱۰۰
	۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۴۵ دقیقه	۱۰۰
	۱۲۱ درجه سانتی‌گراد، ۱۵ دقیقه	۱۰۰
pH	۲	۶۵
	۵	۸۵
	۷	۱۰۰
	۹	۱۰۰

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که متابولیت‌های باکتری-های اسید لاکتیک جداسازی شده از ماست محلی منطقه ندوشن می‌توانند از رشد باکتری‌های پاتوژن جلوگیری نمایند. این مسئله از این نظر حایز اهمیت است که امروزه به‌علت عوارض ناشی از مواد ضد میکروبی شیمیایی و نیز مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک-های مرسوم که به‌میزان زیادی تجویز می‌شوند، توجه به سمت مواد ضد میکروب زیستی با کاربری در صنایع دارویی، غذایی و فرمولاسیون درمانی متمرکز شده است. متابولیت‌های باکتری‌های اسید لاکتیک می‌توانند به‌عنوان ترکیبات ضد میکروبی طبیعی کاربرد غذایی و دارویی داشته باشند. یکی دیگر از مکانیسم‌های باکتری‌های اسید لاکتیک تولید اسید لاکتیک و اسیدهای آلی است که سبب کاهش pH محیط می‌شوند و از رشد بسیاری از باکتری‌ها ممانعت می‌کنند [۱۹]. مژگانی و همکارانش موفق به جداسازی فلورهای اسید لاکتیک از شیر منطقه آذربایجان شرقی شدند که قابلیت ضد میکروبی علیه سویه‌های پاتوژن لیستریا مونوسایتوزنر،

شیگلا، سالمونلا، استافیلوکوک اورئوس و استافیلوکوک پنمونی داشتند [۱۹،۱۶]. نتایج پژوهش حاضر نیز حضور لاکتوباسیل‌های پروبیوتیک در محصولات لبنی ایران را نشان داد. در ارتباط با ارزیابی فعالیت باکتریوسین تولید شده توسط باکتری‌های مولد اسید لاکتیک مطالعات زیادی انجام شده و در همه آنها خاصیت ضد میکروبی این سویه‌ها تایید شده است [۲۰،۲۱]. Chris Henning و همکاران بیان کرده‌اند حدود ۷۷ نوع باکتریوسین توسط گونه‌های انتروکوکوس تولید می‌شود که از رشد لیستریا مونوسایتوزنر جلوگیری می‌کنند و می‌توان آن‌ها را از منابع غذایی حیوانی جداسازی کرد. استفاده از ترکیبی از باکتریوسین‌ها در مواد غذایی مخصوصا باکتریوسین‌ها با دامنه‌های عملکردی متفاوت می‌توانند عملکرد بسیار خوبی علیه پاتوژن‌های غذایی مانند لیستریا مونوسایتوزنر داشته باشند و مواد غذایی مورد مصرف ما را ایمن‌تر کنند [۲۱]. انتروکوکوس‌ها بزرگ‌ترین گروه باکتری‌های اسید لاکتیک هستند و فعالیت باکتریوسین دارند. باکتری *E. faecium* M3K31 به‌عنوان بزرگترین تولید کننده انتروسین HF است که

های موجود در ماست‌های محلی استان گلستان نسبت به لاکتوکوک‌ها توانایی بیشتری در مقابله با پاتوژن‌ها از خود نشان دادند و این اثر مهاري روی *یرسینیا اتریکولیتیکا* مشهودتر بود [۲۸،۲۷]. سويه‌های بررسی شده در این تحقیق روی باکتری‌های گرم منفی مانند *اشریشیا کلی* اثر مهاري کمتری از خود نشان دادند. اکثر پژوهشگران عدم فعالیت ضد میکروبی باکتریوسین‌ها را در برابر باکتری‌های گرم منفی گزارش کرده‌اند [۲۹]. به دلیل وجود دیواره خارجی در باکتری‌های گرم منفی که مانعی برای رسیدن باکتریوسین به جایگاه فعال خود و اعمال اثر مهاري بر باکتری‌های گرم منفی می‌باشد، باکتریوسین‌ها در مقابل این گروه از باکتری‌ها غیر فعال بوده و با فعالیت کمتری از خود نشان می‌دهند. گزارش‌های معدودی در رابطه با اثر مهاري برخی باکتریوسین‌ها بر باکتری‌های گرم منفی وجود دارد: از جمله گزارش شده است که باکتریوسین تولید شده توسط پانی *باسیلوس پلی میکسا* رشد *کمپیلوباکتر ژژونی* را مهار می‌کند و باکتریوسین تولیدی توسط پانی *باسیلوس پلی میکسا* JB05-1-1 رشد *اشریشیا کلی* RR1 و *پسودوموناس فلورسنس* R73 را نیز مهار می‌کند و می‌تواند به‌عنوان نگهدارنده در مواد غذایی استفاده شود [۳۰]. نتایج نشان داد که آنزیم پروتئاز باعث از بین رفتن فعالیت ضد میکروبی باکتریوسین‌ها می‌گردد که تأییدی بر پروتئینی بودن ترکیب ضد میکروبی تولید شده می‌باشد. فعالیت پومیلی‌سین و توچیسین که به ترتیب توسط *باسیلوس پومیلیوس*، *باسیلوس ساتیلیس* و *باسیلوس تورنجنسیس* تولید می‌شوند نیز به وسیله آنزیم‌های پروتئولیتیک به‌طور کامل از دست می‌رود، اما ایزوله‌ها به اثر درجه حرارت بالا مقاوم می‌باشند [۳۱،۳۲]. پایداری حرارتی خصوصیت مهمی برای این باکتریوسین‌ها است؛ چرا که استفاده از این باکتریوسین‌ها را در محافظت طیف وسیعی از داروها که نیازمند حرارت بالا در طی فرایند آماده سازی می‌باشند، ممکن می‌سازد. باکتریوسین تولید شده در pH های مختلف قادر به حفظ فعالیت ضد میکروبی خود می‌باشد که در صورت مصرف گوارشی در pH اسیدی معده غیر فعال نمی‌شود.

نتیجه گیری

داده‌های پژوهش حاضر نشان داد، می‌توان از سويه‌های بومی جداسازی شده از محصولات لبنی سنتی با قابلیت تولید باکتریوسین به عنوان پروبیوتیک‌های نگهدارنده زیستی سالم و بی‌خطر در صنایع دارویی، غذایی و درمانی استفاده نمود.

می‌توان آن را با توجه به ایمن بودن به‌عنوان یک مکمل غذایی برای حیوانات استفاده کرد. Bendali و همکاران بیان کرده‌اند که تولید نایسین تحت تاثیر عوامل متعددی مثل سوش تولید کننده و ترکیبات مواد غذایی است، اما حلالیت، پایداری و فعالیت بیولوژیکی نایسین وابسته به pH محلول است. زیرا نایسین تقریباً در شرایط خنثی و قلیایی نامحلول است و مهم‌ترین مشکل تولید نایسین ممانعت از رشد ناشی از افزایش غلظت لاکتات در نتیجه کاهش pH است [۲۷]. Hirano و همکاران نیز بیان نموده‌اند که لاکتوباسیلوس‌های *پلانترورم* و *کورواتوس* بر طیف وسیعی از باکتری‌های پاتوژن نظیر *لیستریا مونوسیژنوز*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و *یرسینیا اتریکولیتیکا* اثر مهارکنندگی دارند [۲۲]. نتایج مطالعه‌ای که توسط Ralitsa و همکاران روی ۳۲ سويه لاکتوباسیلوس جداسازی شده از نیچ‌های اکولوژی متعدد انجام شد، اثر ضد میکروبی آنها روی سويه‌های پاتوژن متعدد را نشان داد [۱۶] که با نتایج حاصله از پژوهش حاضر مطابقت دارد. اغلب باکتریوسین‌ها فعالیت ضد باکتریایی دارند و این امر به‌وسیله تحریک نفوذ غشا که منجر به تراوش مولکول‌های موجود در سیتوپلاسم و مرگ سلول هدف می‌شود، انجام می‌گردد [۲۳]. برخی از باکتریوسین‌ها به دلیل فعالیت باکتری‌کشی به پروتئین‌های سیستم مانوز فسفو ترانسفراز (Man-PTS) اتصال می‌یابند. توالی آمینو اسیدی حفاظت شده YGNGV در ناحیه انتهایی N باکتریوسین‌ها کلاس II نقش مهمی برای فعالیت ضد لیستریایی دارد، در حالی که دومین انتهایی C برای فعالیت ضد میکروبی بر علیه دیگر سويه‌های هدف عمل می‌کند [۲۴،۲۵]. مکانیسم کشندگی باکتریوسین‌های کلاس IIb شامل ایجاد منفذ در غشای سلول‌های هدف است که منجر به تراوش مولکول‌های سیتو-پلاسمی از قبیل کاتیون‌های یک ظرفیتی مانند Li^+ ، K^+ ، Na^+ ، Rb^+ و Cs^+ می‌شود، اما تأثیری بر کاتیون‌های دو ظرفیتی از قبیل Mg^{2+} یا فسفات ندارد [۲۶]. Garsa و همکاران اثر آنتاگونیستی باکتری‌های اسید لاکتیک جدا شده از ماست بر علیه باکتری‌های بیماری‌زا را مطالعه نمودند. نتایج ایشان نشان داد که بیشترین بازدارندگی مربوط به گونه‌های لاکتوباسیلوس *کازنی* و لاکتوکوکوس *کوس* لاکتیس در روش چاهک بوده و حداکثر میانگین قطر هاله عدم رشد آنها ۱۸ میلی‌متر ارزیابی شده است. بیشترین و کمترین اثر مهاري بر علیه باکتری‌های پاتوژن به ترتیب روی *یرسینیا اتریکولیتیکا* و *باسیلوس سرئوس* مشاهده شد. گونه‌های هر دو جنس لاکتوباسیلوس و لاکتوکوکوس اثر مهاري مناسبی روی باکتری‌های بیماری‌زای روده نشان دادند، ولی در مطالعه‌ای که توسط Bendali و همکاران انجام شد نتایج نشان داد که لاکتوباسیل-

همکاری نمودند و نیز از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی
نهایت تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از کلیه عزیزانی که در انجام این تحقیق

References:

- [1] Bozari IS, Nychas GJ. Effect of nisin on growth boundaries of *Listeria monocytogenes* at various temperatures, pH, and water activities. *Food Microbiol* 2006; 23(8): 779-84.
- [2] Sharma V, Harjai K, Shukla G. Effect of bacteriocin and exopolysaccharides isolated from probiotic on *P. aeruginosa* PAO1 biofilm. *Folia Microbiol (Praha)* 2018; 63(2): 181-90.
- [3] Todorov SD, Holzappel W, Nero LA. In Vitro Evaluation of Beneficial Properties of Bacteriocinogenic *Lactobacillus plantarum* ST8Sh. *Probiotics Antimicrob Proteins* 2017; 9(2): 194-203.
- [4] Das D, Goyal A. Characterization of a noncytotoxic bacteriocin from probiotic *Lactobacillus plantarum* DM5 with potential as a food preservative. *Food Funct* 2014; 5(10): 2453-62.
- [5] Basanta A, Herranz C, Gutiérrez J, Criado R, Hernández PE, Cintas LM. Development of bacteriocinogenic strains of *Saccharomyces cerevisiae* heterologously expressing and secreting the leaderless enterocin L50 peptides L50A and L50B from *Enterococcus faecium* L50. *Appl Environ Microbiol* 2009; 75(8): 2382-92.
- [6] Shetty K, Paliyath G, Pometto A, Levin RE. *Food Biotechnology*. 2nd ed. New York: CRC Press; 2005.
- [7] Cheikhoussef A, Pogori N, Chen W, Zhang H. Antimicrobial proteinaceous compounds obtained from bifidobacteria: From production to their application. *Int J Food Microbiol* 2008; 125(3): 215-22.
- [8] Cleveland J, Montville TJ, Nes IF, Chikindas ML. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *Int J Food Microbiol* 2001; 71(1): 1-20.
- [9] M Sh, Rajok R, Hayat HF, Sarwar H, Mehwish M, Ahmad F, et al. Isolation and evaluation of probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from poultry intestine. *Microbiology* 2018; 87, 1, 116-26.
- [10] O'Sullivan L, Ross RP, Hill C. Potential of bacteriocin-producing lactic acid bacteria for improvements in food safety and quality. *Biochimie* 2002; 84(5-6): 593-604.
- [11] Klaenhammer TR. Probiotic bacteria: today and tomorrow. *J Nutrition* 2000; 130(2): 415S-6S.
- [12] Martín M, Gutiérrez J, Criado R, Herranz C, Cintas LM, Hernández PE. Cloning, production and expression of the bacteriocin enterocin A produced by *Enterococcus faecium* PLBC21 in *Lactococcus lactis*. *Appl Microbiol Biotechnol* 2007; 76(3): 667-75.
- [13] Urazova M, Moldagulova A, Anuarbekova S, Tuyakova A, Abitaeva G, Nagyzbekyzy E, et al. Examination of Lactic Acid Bacteria to Secretion of Bacteriocins. *Cent Asian J Glob Health* 2014; 24; 2(Suppl): 106.
- [14] Karimi S, Azizi F, Nayeb-Aghae M, Leila Mahmoodnia. The antimicrobial activity of probiotic bacteria *Escherichia coli* isolated from different natural sources against hemorrhagic *E. coli* O157: H7. *Electron Phys* 2018; 10(3): 6548-53.
- [15] Mojgani N, Hussaini F, Vaseji N. Characterization of indigenous *Lactobacillus* strains for probiotic properties. *Jundishapur J Microbiol* 2015; 8(2): e17523.
- [16] Ralitsa G, Lyubomira Y, Lilia T, Galina Z, Nina S, Akseniya A, et al. Antimicrobial activity and antibiotic susceptibility of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* spp. intended for use as starter and probiotic cultures. *Biotechnol Equip* 2015; 29(1): 84-91.
- [17] Pasteris SE, Vera Pingitore E, Ale CE, Nader-Macías ME. Characterization of a bacteriocin produced by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* CRL 1584 isolated from a *Lithobates catesbeianus* hatchery. *World J Microbiol Biotechnol* 2014; 30(3): 1053-62.
- [18] Khalil R, Elbahloul Y, Djadouni F, Omar S. Isolation and partial characterization of a bacteriocin produced by a newly isolated *Bacillus megaterium* 19 strains. *Pakistan J Nutrition* 2009; 8(3): 242-50.
- [19] Aroutcheva AA, Simoes JA, Faro S. Antimicrobial protein produced by vaginal *lactobacillus acidophilus* that inhibits *Gardnerella vaginalis*. *Infect Dis Obstet Gynecol* 2001; 9(1): 33-8.
- [20] Fraga Cotelos M, Perelmuter Schein K, Giacaman Salvo SS, Abirad Z, Miguel P, Carro Tejera SB. Antimicrobial properties of lactic acid bacteria isolated from Uruguayan artisan cheese. *Food Sci* 2013; 33(4): 801-4.
- [21] Henning C, Vijayakumar P, Adhikari R, Jagannathan B, Gautam D, Muriana P. Isolation and Taxonomic Identity of Bacteriocin-Producing Lactic Acid Bacteria from Retail Foods and Animal Sources. *Microorganisms* 2015; 3(1): 80-93.
- [22] Hirano J, Yoshida T, Sugiyama T, Koide N, Mori I, Yokochi T. The effect of *Lactobacillus rhamnosus* on enterohemorrhagic *Escherichia coli* infection of human intestinal cells in vitro. *Microbiol Immunol* 2003; 47(6): 405-9.
- [23] Perez RH, Zendo T, Sonomoto K. Novel bacteriocins from lactic acid bacteria (LAB): various structures and applications. *Microbial Cell Factories* 2014; 13(1): 89-93.

- [24] Johnsen L, Fimland G, Nissen-Meyer J. The C-terminal domain of pediocin-like antimicrobial peptides (class IIa bacteriocins) is involved in specific recognition of the C-terminal part of cognate immunity proteins and in determining the antimicrobial spectrum. *J Biol Chem* 2005; 280(10): 9243-50.
- [25] Fimland G, Johnsen L, Dalhus B, Nissen-Meyer J. Pediocin-like antimicrobial peptides (class IIa bacteriocins) and their immunity proteins: biosynthesis, structure, and mode of action. *J Peptide Sci* 2005; 11(11): 688-96.
- [26] Oppedard C, Rogne P, Emanuelsen L, Kristiansen PE, Fimland G, Nissen-Meyer J. The two-peptide class II bacteriocins: structure, production, and mode of action. *J Mol Microbiol Biotechnol* 2007; 13(4): 210-9.
- [27] Bendali F, Madi N, Sadoun D. Beneficial effects of a strain of *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* in *Staphylococcus aureus*-induced intestinal and colonic injury. *Int J Infect Dis* 2011; 15(11): 787-94.
- [28] Garsa AK, Kumariya R, Sood SK, Kumar A, Kapila S. Bacteriocin production and different strategies for their recovery and purification. *Probiotics Antimicrob Proteins* 2014; 6(1): 47-58.
- [29] Hammami I, Rhouma A, Jaouadi B, Rebai A, Nesme X. Optimization and biochemical characterization of a bacteriocin from a newly isolated *Bacillus subtilis* strain 14B for biocontrol of *Agrobacterium* spp. strains. *Lett Appl Microbiol* 2009; 48(2): 253-60.
- [30] Stern NJ, Svetoch EA, Eruslanov BV, Kovalev YN, Volodina LI, Perelygin VV, et al. *Paenibacillus polymyxa* purified bacteriocin to control *Campylobacter jejuni* in chickens. *J Food Prot* 2005; 68(7): 1450-3.
- [31] Naghmouchi K, Paterson L, Forster B, McAllister T, Ohene-Adjei S, Drider D, et al. *Paenibacillus polymyxa* JB05-01-1 and its perspectives for food conservation and medical applications. *Arch Microbiol* 2011; 193(3): 169-77.
- [32] Zaghian S, Shokri D, Emtiazi G. Co-production of a UV-stable bacteriocin-like inhibitory substance (BLIS) and indole-3-acetic acid hormone (IAA) and their optimization by Taguchi design in *Bacillus pumilus*. *Ann Microbiol* 2012; 62(3): 1189-97.