Combined effect of ethanolic extract of *Heracleum persicum* and cell-free supernatant (CFS) of *Lactobacillus plantarum* on the growth of *Salmonella typhimurium* and shelf-Life of ground chicken breast meat during refrigerated storage

Amirhossein Mahmoudi [1], **Moslem Neyriz Naghadehi** *[1], Shahram Aramideh [2]

[1] Department of Veterinary Pathobiology, Ur.C., Islamic Azad University, Urmia, Iran
[2] Department of Plant Protection, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran

Received Date:2025.09.06 Accepted Date:2026.05.24

Abstract

Nowadays, the use of plant extracts and postbiotics as natural preservatives to enhance shelf-life and control foodborne pathogens has attracted attention from researchers. Poultry meat is considered one of the major sources of Salmonella serotypes. The present study investigated the combined effect of the ethanolic extract (EE) of *Heracleum persicum* and the cell-free supernatant (CFS) of *Lactobacillus plantarum* on the growth of *Salmonella typhimurium* and the shelf-life of ground chicken breast meat during refrigerated storage. Preparation of the EE, preparation of CFS, determination of minimum inhibitory concentration (MIC), standard plate count (SPC), enumeration of Salmonella (SC), and pH measurement of ground chicken meat on days 1, 3, 7, and 10 of storage, were the methods employed in this study. MIC results showed that the EE (64 mg/dl) and the CFS (512 mg/dl) individually exhibited antibacterial effects against Salmonella, while their combination demonstrated an enhanced antibacterial effect (32 mg/dl). Moreover, different concentrations of the EE and the CFS, either alone or in combination, significantly reduced SPC and SC (log cfu/g) in ground chicken meat across different storage days ($p<0.05$). The overall mean values of SPC and SC in the combined treatments were significantly lower compared to the individual treatments throughout the storage period ($p<0.05$). Similarly, the overall mean pH of ground chicken meat in the combined treatments was significantly lower compared to the individual treatments ($p<0.05$). Therefore, the combined application of *H. persicum* EE and *L. plantarum* CFS is recommended for enhancing shelf-life and inhibiting Salmonella growth in ground chicken meat.

Keywords: Ethanolic extract of *Heracleum persicum*; Cell-free supernatant *of Lactobacillus plantarum*; *Salmonella typhimurium*; shelf life; Ground chicken meat

* Mo.Neyriz@iau.ac.ir

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

Combined effect of ethanolic extract of *Heracleum persicum* and cell-free supernatant (CFS) of *Lactobacillus plantarum* on the growth of *Salmonella typhimurium* and shelf-Life of ground chicken breast meat during refrigerated storage

EXTENDED ABSTRACT

Background and objectives:

Food safety remains a global public health priority, with foodborne pathogens such as *Salmonella typhimurium* posing significant risks in poultry products. Chicken meat, particularly ground breast meat, is highly susceptible to microbial contamination due to its high nutrient content, large surface area, and tissue disruption during grinding. Among poultry pathogens, *Salmonella typhimurium* continues to be a major cause of outbreaks of foodborne illness worldwide, leading to significant economic losses and threatening consumer health. Conventional strategies for controlling microbial contamination in meat largely rely on synthetic preservatives and chemical additives. However, rising consumer demand for natural, safe, and eco-friendly alternatives, combined with growing concerns about antimicrobial resistance, has driven research toward biopreservation using plant-derived antimicrobials and postbiotics. *Heracleum persicum* (Persian Hogweed), a traditional medicinal and culinary herb native to Iran, is rich in phenolics, flavonoids, coumarins, and volatile oils, which have been shown to exhibit strong antioxidant and antimicrobial properties. In parallel, lactic acid bacteria, particularly *Lactobacillus plantarum*, produce organic acids, hydrogen peroxide, and bacteriocins, contributing to their antimicrobial activity. The cell-free supernatant (CFS) derived from *L. plantarum* cultures contains these metabolites and has been reported to inhibit several foodborne pathogens. This study aimed to evaluate the individual and combined effects of ethanolic extract (EE) of H. persicum and CFS of *L. plantarum* on the growth of *S. typhimurium* and on the shelf-life of ground chicken breast meat stored under refrigeration.

Materials and Methods

The ethanolic extract of *H. persicum* was prepared by Clevenger apparatus using 96% ethanol, followed by rotary evaporation to concentrate the extract. The CFS of *L. plantarum* (PTCC 1896) was obtained by culturing the bacterium in MRS broth, followed by centrifugation and filtration to remove cells, and lyophilization to obtain a dried supernatant. The minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) of both EE and CFS, individually and in combination, against *S. typhimurium* were determined using the microdilution method in 96-well plates. Fractional inhibitory concentration index (FICI) values were calculated to evaluate synergistic or additive interactions. For in situ evaluation, ground chicken breast meat samples were inoculated with *S. typhimurium* (10^3 cfu/g) and subjected to four treatments: (1) control (no additives), (2) EE alone, (3) CFS alone, and (4) EE + CFS combined, at different concentrations (0.025%, 0.05%, 0.1%, 0.2% w/w). Samples were stored at 2 °C, and microbial counts (standard plate count, SPC; and *Salmonella* count, SC) and pH were measured on days 1, 3, 7, and 10. Statistical analyses included two-way ANOVA and Tukey's post hoc tests with significance set at $p<0.05$.

Results

MIC testing revealed that EE of *H. persicum* inhibited *S. typhimurium* at 64 mg/dl, while CFS inhibited growth at 512 mg/dl. When combined, the MIC dropped to 32 mg/dl, with a calculated FICI of 0.562, indicating an additive effect. In ground chicken meat, both EE and CFS alone significantly reduced microbial counts (SPC and SC) compared to controls across all storage days. However, the combination of EE and CFS demonstrated superior efficacy, achieving significantly lower microbial counts at all concentrations and storage times. The reduction was dose-dependent, with the strongest effects observed at 0.2% concentration. Similarly, pH measurements showed that treated samples exhibited lower pH values than controls, with the most pronounced reduction in the combined treatments. Decreased pH correlated with inhibited microbial growth, likely due to the accumulation of organic acids from CFS and phenolic interactions from EE. Over 10 days of refrigerated storage, SPC and SC values increased in all samples but at a significantly slower rate in treated groups, particularly in the combination treatment. For example, on day 10, microbial counts in the combined EE + CFS samples remained substantially below spoilage thresholds, suggesting an extension of shelf-life.

Discussion

The findings of this study reinforce the growing evidence supporting plant extracts and postbiotics as natural biopreservatives in meat products. EE of *H. persicum* exhibited notable antibacterial activity, consistent with previous reports attributing its efficacy to phenolic and flavonoid compounds with membrane-disruptive and oxidative mechanisms. Similarly, CFS of *L. plantarum* demonstrated antimicrobial activity likely due to the combined effects of lactic acid, bacteriocins, and hydrogen peroxide. Importantly, the combination of EE and CFS produced an additive effect, lowering MIC values and enhancing microbial inhibition in chicken meat. This synergy can be explained by complementary mechanisms: EE disrupts cell walls and interferes with bacterial metabolism, while CFS acidifies the environment and delivers bacteriocins that further inhibit pathogen growth.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

Comparable studies have reported synergistic antimicrobial effects when combining plant extracts with probiotic metabolites or bacteriocins. For instance, oregano essential oil and nisin have been shown to enhance microbial control in minced meat. Similarly, the application of *L. plantarum* CFS in meat systems has been reported to significantly reduce *Salmonella* populations. Our results align with these findings, while introducing *H. persicum* EE as a novel and culturally relevant option. The observed reduction in pH across treated samples is consistent with organic acid production and further contributes to growth inhibition. Lower pH environments are less favorable for *Salmonella* survival, highlighting the importance of this mechanism in biopreservation. Nevertheless, variations in efficacy across studies may result from differences in plant extract composition, bacterial strains, and food matrix effects. This underscores the need for further validation under industrial processing conditions and across diverse meat systems.

Conclusion

This study demonstrated that both EE of *Heracleum persicum* and CFS of *Lactobacillus plantarum* independently inhibited *Salmonella typhimurium* growth in vitro and in ground chicken breast meat. More importantly, their combination showed additive antimicrobial effects, reducing MIC values, lowering pH, and significantly decreasing microbial loads throughout refrigerated storage. The application of this natural combination presents a promising strategy to extend the shelf-life of poultry meat and enhance its microbial safety, addressing consumer demand for natural preservatives and reducing reliance on synthetic additives. Future research should focus on sensory evaluations, consumer acceptance, and pilot-scale industrial trials to assess feasibility in commercial meat production. The integration of plant-based antimicrobials and postbiotics could represent a sustainable and effective approach to biopreservation in the global food industry

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

مطالعه اثر ترکیبی عصاره اتانولی گیاه گلپر (*Heracleum persicum*) و پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* بر روی رشد *سالمونلا تیفی‌موریوم* و ماندگاری گوشت چرخ‌شده مرغ در طول نگه‌داری در شرایط یخچال

امیرحسین محمودی [۱]، **مسلم نیریز نقدهی** [۱*]، شهرام آرمیده [۲]

[۱] گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی ، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

[۲] گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۳

چکیده

امروزه استفاده از عصاره گیاهان و پست‌بیوتیک‌ها به‌عنوان نگه‌دارنده‌های طبیعی برای افزایش ماندگاری و کنترل عوامل بیماری‌زای غذایی مورد نظر محققین قرار گرفته‌اند. گوشت طیور از منابع مهم سروتیپ‌های سالمونلا می‌باشد. در تحقیق حاضر، اثر ترکیبی عصاره اتانولی گیاه گلپر و پالیده عاری از سلول (CFS) *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* بر روی میزان رشد *سالمونلا تیفی‌موریوم* و ماندگاری گوشت چرخ‌شده سینه‌مرغ در مدت نگه‌داری در دمای یخچال مطالعه شدند. تهیه عصاره اتانولی گیاه گلپر، تهیه CFS *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC)، شمارش پلیت استاندارد (SPC)، شمارش سالمونلا (SC) و اندازه‌گیری pH گوشت چرخ‌شده در روزهای یک، ۳، ۷ و ۱۰ نگه‌داری از روش‌های به‌کاررفته در این تحقیق بودند. نتایج تعیین MIC نشان داد که عصاره (۶۴ mg/dl) و پالیده (۵۱۲ mg/dl) به‌تنهایی دارای اثر ضدباکتریایی روی سالمونلا می‌باشند و ترکیب همزمان این دو، اثر ضدکتریایی افزایشی (۳۲ mg/dl) نشان می‌دهد. هم‌چنین غلظت‌های مختلف عصاره و پالیده در حالات به‌تنهایی و ترکیبی، SPC و SC (log cfu/g) را در گوشت چرخ‌شده در روزهای مختلف نگه‌داری به‌صورت معنی‌داری کاهش دادند ($p<۰/۰۵$). میانگین کلی SPC و SC در حالت ترکیب همزمان غلظت‌های مختلف عصاره و پالیده در کل روزهای نگهداری در مقایسه با حالات به‌تنهایی، به‌صورت معنی‌داری پایین‌تر بود ($p<۰/۰۵$). از سویی، میانگین کلی pH گوشت چرخ‌شده در حالت ترکیب همزمان غلظت‌های مختلف عصاره و پالیده در کل روزهای نگهداری در مقایسه با حالات به‌تنهایی به‌صورت معنی‌داری پایین‌تر بود ($p<۰/۰۵$). بنابراین ترکیب عصاره اتانولی گلپر و CFS *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* برای افزایش ماندگاری و مهار سالمونلا در گوشت چرخ‌شده مرغ پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: عصاره اتانولی گلپر ایرانی، پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، *سالمونلا تیفی‌موریوم*، ماندگاری، گوشت چرخ‌شده مرغ

* Mo.Neyriz@iau.ac.ir

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

مقدمه

ایمنی مواد غذایی از مهم‌ترین دغدغه‌های سلامت عمومی در جهان است. فرآورده‌های گوشتی، به‌ویژه گوشت مرغ، به‌دلیل ارزش تغذیه‌ای بالا، میزان پروتئین مناسب و قیمت اقتصادی، جایگاه ویژه‌ای در رژیم غذایی انسان دارند (۱).

گونه‌های سالمونلا از مهم‌ترین عوامل باکتریایی بیماریزای منتقله از غذا در سطح جهان محسوب می‌شوند که بیش از ۲۵۰۰ سروتیپ شناخته‌شده دارد (۲و۳). این باکتری گرم‌منفی، میله‌ای شکل، غیراسپورزا و متعلق به خانواده انتروباکتریاسه بوده و توانایی رشد در طیف وسیعی از شرایط محیطی را دارد، به‌طوری‌که می‌تواند در محدوده وسیعی از pH و دما زنده بماند و در محیط‌های غذایی به‌ویژه در صورت رعایت نشدن اصول بهداشتی تکثیر یابد (۲و۴). ویژگی‌هایی نظیر توانایی تحمل شرایط نامطلوب و بقا در محیط‌های خشک، سبب افزایش احتمال انتقال آن در طول زنجیره تولید و فرآوری مواد غذایی می‌شود (۲). این باکتری عامل بیماری سالمونلوز در انسان و حیوانات است و مواد غذایی خام با منشا دام و طیور به عنوان منابع اصلی آلودگی شناخته می شود (۳). براساس گزارش سازمان جهانی بهداشت، سالمونلوز همچنان یکی از اصلی‌ترین علل بیماری‌های ناشی از غذاست و تهدیدی جدی برای سلامت عمومی به شمار می رود (۵). در انسان، سالمونلا می‌تواند موجب بیماری‌های مختلفی از اسهال خفیف تا گاستروآنتریت شدید، تب تیفوئید و سپسیس[1] شود. سروتیپ‌های غیرتیفوئیدی[2] عمدتاً باعث گاستروآنتریت و عفونت‌های سیستمیک می‌شوند، درحالی‌که سروتیپ‌های تیفوئیدی مانند سالمونلا تایفی[3] سبب تب تیفوئید می‌شوند. علائم بالینی عفونت NTS معمولاً ظرف ۶ تا ۴۸ ساعت پس از مصرف غذای آلوده آغاز شده و شامل درد شکمی، اسهال، تب و استفراغ است (۶).

از نظر ویژگی‌های بیماری‌زایی[4]، سالمونلا دارای مجموعه‌ای از عوامل ویرولانس است که به آن امکان می‌دهد به سلول‌های اپیتلیال روده متصل شده، به داخل آنها نفوذ کند و در نهایت پاسخ التهابی شدیدی ایجاد نماید. یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های بیماری‌زایی سالمونلا وجود جزایر بیماری‌زایی سالمونلا[5] به‌ویژه SPI-1 و SPI-2 است (۲ و۷). همچنین سالمونلا دارای عوامل چسبندگی مانند فیمبریاها، و نیز لیپوپلی‌ساکارید (LPS) به‌عنوان یک اندوتوکسین قوی است که می‌تواند پاسخ‌های التهابی شدید و آسیب بافتی را تحریک کند (۷). از دیگر ویژگی‌های مهم بیماری‌زایی این باکتری، توانایی تشکیل بیوفیلم روی سطوح تجهیزات و محیط‌های صنعتی است که موجب افزایش مقاومت در برابر مواد ضدعفونی‌کننده و بقا در خطوط فرآوری مواد غذایی می‌شود و خطر آلودگی ثانویه گوشت مرغ و به‌ویژه گوشت چرخ‌شده را افزایش می‌دهد (۴و۸).

از نظر راه‌های انتقال، سالمونلا می‌تواند از طریق انتقال عمودی (از مرغ مادر به تخم و جوجه) و نیز انتقال افقی (از طریق خوراک، آب، بستر، فضولات، حشرات، جوندگان، کارکنان و تجهیزات آلوده) در مرغداری‌ها گسترش یابد (۹). علاوه بر این، مرحله کشتار و فرآوری یکی از نقاط بحرانی در انتشار سالمونلا محسوب می‌شود، زیرا آلودگی متقاطع ناشی از تماس لاشه‌ها، ابزارهای آلوده و عدم رعایت اصول بهداشت فردی می‌تواند منجر به انتقال گسترده سالمونلا به محصولات نهایی از جمله گوشت چرخ‌شده مرغ گردد (۹). بنابراین کنترل سالمونلا در تمام مراحل زنجیره تولید طیور، از پرورش تا عرضه محصول، برای کاهش خطر بیماری‌های منتقله از غذا ضروری است (۴و۹).

گوشت مرغ به‌ویژه گوشت چرخ‌شده مرغ یکی از مهم‌ترین منابع بالقوه آلودگی به سالمونلا به شمار می‌رود، زیرا فرآیند

[1] - Sepsis
[2] - Non-typhoidal salmonella, NTS
[3] - Salmonella typhi
[4] - Pathogenicity
[5] - Salmonella pathogenicity islands; SPIs

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

چرخ‌کردن موجب افزایش سطح تماس، توزیع یکنواخت آلودگی در کل محصول و افزایش احتمال آلودگی متقاطع از تجهیزات و سطوح آلوده می‌شود (۴). مطالعات متعدد در کشورهای مختلف نشان داده‌اند که درصد قابل توجهی از نمونه‌های گوشت مرغ عرضه‌شده در بازارهای خرده‌فروشی آلوده به سالمونلا هستند و این موضوع خطر انتقال بیماری به مصرف‌کننده را افزایش می‌دهد (۴و۱۰).

از دیدگاه بهداشت عمومی، سالمونلوز یکی از شایع‌ترین عفونت‌های گوارشی ناشی از غذا است و علاوه بر تحمیل هزینه‌های درمانی، کاهش بهره‌وری اقتصادی و افزایش بار بیماری، تهدید جدی برای گروه‌های حساس مانند کودکان، سالمندان و افراد دارای نقص ایمنی ایجاد می‌کند (۱۰). یکی از چالش‌های مهم در کنترل سالمونلا، ظهور سویه‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک و به‌ویژه سویه‌های چند دارویی مقاوم است که اغلب در زنجیره تولید طیور گزارش شده‌اند و می‌توانند درمان موارد شدید بیماری را دشوارتر کنند (۱۱).

برای افزایش ماندگاری مواد غذایی، استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی رایج است؛ اما پیامدهای منفی این ترکیبات شامل بروز مقاومت میکروبی و آثار نامطلوب بر سلامت مصرف‌کنندگان، سبب افزایش تمایل به استفاده از ترکیبات طبیعی با خاصیت ضدباکتری و آنتی‌اکسیدان شده است (۱۲ و۱۳). در این میان، گیاهان دارویی به دلیل داشتن متابولیت‌های ثانویه با فعالیت زیستی، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند. یکی از گیاهان مهم بومی ایران، گلپر ایرانی[1]است که از تیره چتریان[2] بوده و به‌طور سنتی در طب عامیانه و نیز به عنوان ادویه مصرف می‌شود (۱۴). این گیاه به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی، کومارینی و اسانس‌های فرّار، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی قابل توجهی است (۱۵و۱۶). مطالعات نشان داده‌اند که عصاره‌های الکلی و اسانس گیاه گلپر ایرانی توانایی مهار رشد طیف وسیعی از باکتری‌ها از جمله *استافیلوکوکوس اورئوس*، *اشریشیاکلی* و *سالمونلا انتریکا* را دارند (۱۷، ۱۸ و۱۹). هم‌چنین کاربرد عصاره این گیاه در پوشش‌های خوراکی و بسته‌بندی‌های زیست‌فعال برای افزایش ماندگاری فرآورده‌های گوشتی پیشنهاد شده است (20).

از سوی دیگر، باکتری‌های اسیدلاکتیک به ویژه لاکتوباسیلوس پلانتاروم، به‌دلیل تولید اسیدهای آلی، پراکسید هیدروژن و باکتریوسین‌ها، نقش مهمی در کنترل رشد پاتوژن‌های غذایی ایفا می‌کنند (۲۱). پالیده عاری از سلول[3] حاصل از رشد *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، به دلیل وجود متابولیت‌های فعال زیستی، فعالیت ضدباکتریایی قابل توجهی علیه *سالمونلا تیفی‌موریوم* از خود نشان داده است (۲۲ و۲۳). هم‌چنین استفاده از سویه‌های باکتریوسین‌زای لاکتوباسیلوس پلانتاروم در محصولات گوشتی به‌عنوان نگه‌دارنده زیستی طبیعی گزارش شده است (۲۴).

با توجه به خواص ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی عصاره الکلی گیاه گلپر ایرانی و فعالیت مهاری زیستی پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، ترکیب این دو می‌تواند یک راهبرد نوین و کارآمد برای کنترل رشد سالمونلا *تیفی‌موریوم* در گوشت چرخ‌کرده سینه مرغ باشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر همزمان عصاره الکلی گلپر ایرانی و پالیده عاری از سلول لاکتوباسیلوس پلانتاروم بر رشد سالمونلا تیفی‌موریوم در طول نگهداری در دمای یخچال طراحی شد.

مواد و روش‌ها:

تهیه عصاره اتانولی گیاه گلپر:

تحقیق حاضر یک مطالعه تجربی می‌باشد و با شناسه IR.IAU.URMIA.REC.1404.058 در کارگروه اخلاق در پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه به تصویب رسیده است. در این پژوهش، خشک شده کامل گیاه گلپر ایرانی (*Heracleum persicum*) با کد A140100301FP از عطاری‌های محلی و معتبر واقع در شهرستان ارومیه تهیه شد (۲۵). استخراج عصاره در دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. ابتدا با استفاده از دستگاه آسیاب، گیاه به‌صورت پودر آماده شد. سپس برای تهیه عصاره، ۱۰۰ گرم پودر

[1] - *Heracleum persicum*
[2] - Apiaceae
[3] - Cell-free supernatant (CFS)

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

خالص گلپر در داخل کاغذ صافی بسته‌بندی و در دستگاه کلونجر قرار داده شد. فرآیند استخراج با استفاده از اتانول ۹۶ درصد و در چهار نوبت تکرار انجام شد تا بیشینه ترکیبات مؤثر استخراج گردد. پس از اتمام مرحله استخراج، جهت حذف حلال، عصاره اتانولی حاصل توسط دستگاه تبخیر چرخان در دمای پایین تغلیظ شده و عصاره خالص گلپر به‌دست آمد (۲۶).

تهیه پالیده عاری از سلول (CFS) *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*:

باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* تحت گونه پلانتاروم PTCC 1896 (A7) از کلکسیون میکروبی مرکز پژوهش‌های علمی صنعتی ایران تهیه شد. باکتری مورد نظر در آبگوشت MRS کشت و در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور بی‌هوازی گرمخانه‌گذاری شدند. سپس کشت ها با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ و محل رویی جداسازی و پس از عبور از فیلتر سرنگی با قطر منافذ ۰/۲۲ میکرومتر، لیوفیلیزه شدند (۲۷).

تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) عصاره اتانولی گیاه گلپر و پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در حالات به‌تنهایی و ترکیبی بر روی *سالمونلا تیفی‌موریوم*:

باکتری *سالمونلا تیفی‌موریوم* از کلکسیون میکروبی دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه تهیه شد. ابتدا با استفاده از استاندارد کدورت نیم مک فارلند تعداد تقریبی 10^8 cfu/ml × ۱/۵ از باکتری سالمونلا تهیه شد. سپس در سالین سترون تا ۱۰۰ برابر رقیق و با تعداد تقریبی 10^6 cfu/ml × ۱/۵ برای تعیین MIC استفاده شد. برای تعیین MIC، از روش میکرودایلوشن و میکروپلیت‌های سترون ۹۶ چاهکی استفاده شد. برای این منظور، ابتدا یک غلظت اولیه ۱۰۲۴۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر از عصاره و پالیده به‌ترتیب در حلال‌های دی‌متیل‌سولفوکساید ۱۰ درصد و آب مقطر سترون تهیه شد. سپس رقت‌های دوبرابر تا ۱۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر از غلظت اولیه عصاره و پالیده در آبگوشت مولرهینتون تهیه شدند. در مرحله بعد، برای آزمایش عصاره و پالیده به تنهایی، مقدار ۱۶۰ میکرولیتر از آبگوشت مولرهینتون، ۲۰ میکرولیتر از غلظت‌های آماده شده عصاره یا پالیده و ۲۰ میکرولیتر از اینوکولوم باکتریایی به چاهک‌ها افزوده شدند. در حالت ترکیبی، ۱۴۰ میکرولیتر از آبگوشت مولرهینتون، ۲۰ میکرولیتر از غلظت‌های آماده شده عصاره، ۲۰ میکرولیتر از غلظت‌های آماده شده پالیده و ۲۰ میکرولیتر از اینوکولوم باکتریایی به چاهک‌ها افزوده شدند. کنترل‌های لازم به منظور بررسی استریل بودن میکروپلیت‌ها (کنترل منفی) و رشد باکتری مورد آزمایش (کنترل مثبت) تنظیم شدند. میکروپلیت‌ها توسط دستگاه تکان دهنده گردابی میکروپلیت، به‌مدت ۲-۱ دقیقه مخلوط و در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴-۱۸ ساعت گرمخانه‌گذاری شدند. چاهک‌های شفاف و کدر با مقایسه کنترل‌های مثبت و منفی به‌صورت چشمی مشخص شدند. دو چاهک شفاف اول و دو چاهک کدر آخر برای تعیین مقادیر MIC و MBC در پلیت کانت آگار کشت سطحی داده شدند. غلظتی که ۹۰ درصد از اینوکولوم اولیه را از بین ببرد، MIC و غلظتی که ۹۹/۹ درصد از اینوکولوم اولیه را از بین ببرد، MBC درنظر گرفته شدند. برای ارزیابی برهم‌کنش متقابل و اثر ضدباکتریایی تلفیقی بین ترکیبات مورد مطالعه، شاخص غلظت مهارکنندگی کسری[1] با استفاده از فرمول زیر محاسبه و براساس معیارهای جدول ۱ تفسیر شد (۲۸، ۲۹ و ۳۰).

$$\text{شاخص غلظت مهار کنندگی کسری (FICI)} = \frac{\text{MIC ماده ضد میکروب به صورت ترکیبی}}{\text{MIC ماده ضد میکروب به صورت تنهایی}}$$

[1] - Fractional inhibitory concentration index (FICI)

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

جدول۱: تفسیر مقادیر FICI

ردیف	مقدار	برهم‌کنش
۱	≤ ۰/۵	سینرژیسم
۲	۰/۵ < تا ۱	افزایشی
۳	۱ < تا ۴	بدون تاثیر
۴	> ۴	آنتاگونیسم

ارزیابی اثر عصاره اتانولی گیاه گلپر و پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در حالات به‌تنهایی و ترکیبی بر روی رشد *سالمونلا تیفی‌موریوم* و ماندگاری گوشت چرخ شده سینه مرغ:

برای این منظور ۴ تیمار شاهد (بدون عصاره و پالیده و دارای باکتری)، تیمار عصاره (دارای عصاره و باکتری)، تیمار پالیده (دارای پالیده و باکتری) و تیمار ترکیبی (دارای عصاره و پالیده و باکتری) تهیه شد. تیمارها در ۳ تکرار تهیه و آزمایش شدند. برای تهیه اینوکولوم سالمونلا از روش استاندارد کدورت نیم مک فارلند ($۱/۵ \times ۱۰^{۸}$ cfu/ml) استفاده شد. سپس برای افزودن به گوشت چرخ‌کرده به‌میزان $۱۰^{۴}$ برابر رقیق و به ۱۰ گرم گوشت چرخ‌کرده افزوده شده و در نهایت تعداد اینوکولوم باکتریایی در گوشت چرخ کرده به $۱۰^{۳}$ cfu/g رسید. گوشت سینه مرغ از محصولات تولید به روز کشتارگاه مرغ خانگی شهرستان ارومیه تهیه و در آزمایشگاه با رعایت شرایط سترون چرخ کرده و برای تهیه تیمارها استفاده شد. غلظت های مورد آزمایش عصاره و پالیده در تیمارها ۰/۰۲۵ و ۰/۰۵ و ۰/۱ و ۰/۲ درصد (وزنی/وزنی) بود. پس از تهیه، تیمارها در دمای ۲ درجه سلسیوس در یخچال نگه‌داری و آزمایش های شمارش سالمونلا، شمارش پلیت استاندارد و اندازه گیری pH در روزهای ۱، ۳، ۷ و ۱۰ نگه‌داری انجام شد (۳۱، ۳۲ و ۳۳).

روش انجام آزمون آماری (تجزیه‌وتحلیل اطلاعات):

تحلیل آماری داده‌های حاصله با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 25 (SPSS25، شرکت شیکاگو، IL، USA) انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف_اسمیرنوف[1] و سپس همگنی واریانس داده‌ها با آزمون لون[2] بررسی شد. در مرحله بعد برای داده‌های با توزیع نرمال جهت بررسی تأثیر تعاملی غلظت پالیده *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* (صفر تا ۰/۲ درصد)، غلظت عصاره الکلی گلپر (صفر تا ۰/۲ درصد)، غلظت ترکیب همزمان پالیده *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره الکلی گلپر با روزهای نگه‌داری در شرایط یخچال (۱، ۳، ۷ و ۱۰) روی شمارش پلیت استاندارد و *سالمونلا تیفی‌موریوم* (log cfu/g) و pH گوشت چرخ‌شده سینه مرغ از تحلیل واریانس دوطرفه[3] برای گروه‌های مستقل استفاده شد. همچنین با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه[4] و آزمون تکمیلی توکی[5]، اختلاف میانگین شمارش پلیت استاندارد و *سالمونلا تیفی‌موریوم* و pH گوشت چرخ‌شده سینه مرغ برحسب تیمارهای موردمطالعه و روزهای مختلف نگه‌داری در شرایط یخچال، بررسی گردید. لازم به ذکر است در تمامی مراحل تجزیه و تحلیل، خطای مجاز برای رد فرض صفر (H_0)، ۵ درصد در نظر گرفته شد و برای کاهش خطا، آزمایشات در ۳ تکرار انجام گردید. همچنین رسم نمودارها بصورت میانگین ± انحراف معیار (Mean ±SD) با استفاده از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۹ صورت گرفت.

نتایج:

مقایسه نتایج حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) عصاره اتانولی

[1] . Kolomogorav – Smirnov
[2] . Leven
[3] . Univariate Analysis of Variance
[4] . Oneway Anova
[5] . Tukey HSD

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

گیاه گلپر و پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در حالات به‌تنهایی و ترکیبی بر روی *سالمونلا تیفی‌موریوم* :

نتایج آزمایش تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی نشان داد عصاره اتانولی گلپر به‌تنهایی توانست با حداقل غلظت 64 mg/dlاز رشد باکتری *سالمونلا تیفی‌موریوم* جلوگیری کند. حداقل غلظت بازدارندگی از رشد *سالمونلا* متأثر از پالیده *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* به‌تنهایی غلظت 512 mg/dl به‌دست آمد. هم‌چنین نتایج حاکی است ترکیب همزمان پالیده و عصاره توانست با حداقل غلظت 32 mg/dl از رشد سالمونلا ممانعت کند که نسبت به حداقل غلظت بازدارندگی از رشد سالمونلا متاثر از پالیده و عصاره به‌تنهایی کمتر بوده و با توجه به نتایج محاسبه شاخص غلظت مهارکنندگی کسری (FICI=۰/۵۶۲)، ترکیبات مذکور در حالت تلفیقی اثر افزایشی داشتند. نتایج مربوط به تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی از رشد و حداقل غلظت کشندگی عصاره اتانولی گیاه گلپر و پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در حالات به‌تنهایی و ترکیبی در مقابل *سالمونلا تیفی‌موریوم* در جدول ۲ نشان داده شده است.

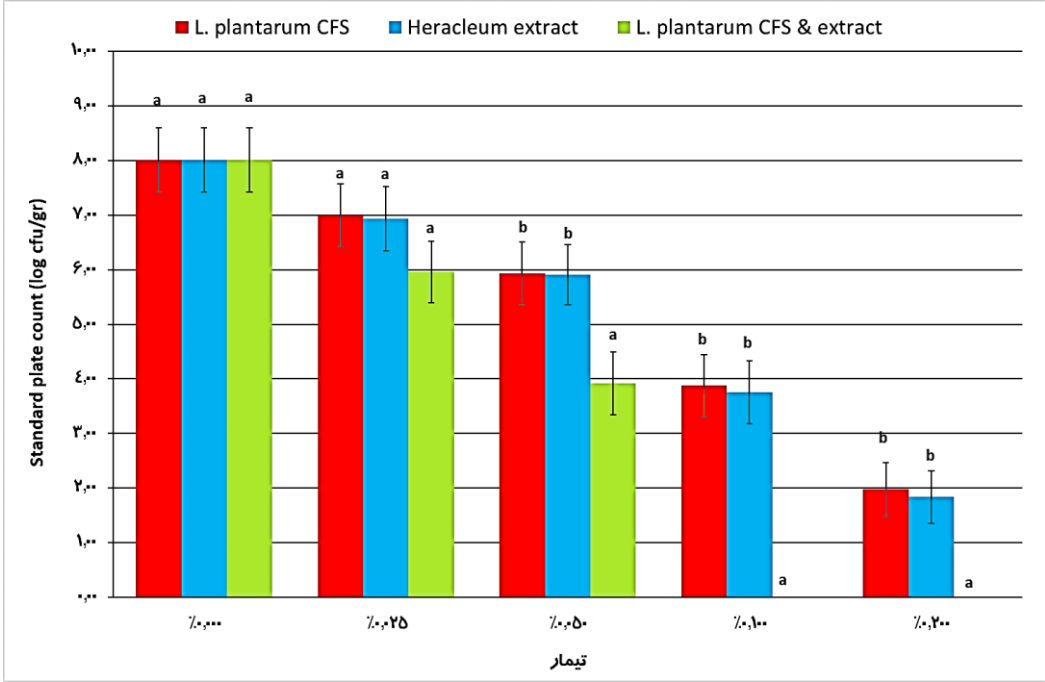
جدول۲ : مقایسه حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) (برحسب میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) عصاره اتانولی گیاه گلپر و پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در حالات به‌تنهایی و ترکیبی بر روی *سالمونلا تیفی‌موریوم*

عصاره اتانولی		پالیده عاری از سلول		پالیده عاری از سلول + عصاره اتانولی	
MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC
۶۴/۰±۰/۰	۱۲۸/۰±۰/۰	۵۱۲/۰±۰/۰	۱۰۲۴/۰±۰/۰	۳۲/۰±۰/۰	۶۴/۰±۰/۰

مقایسه نتایج تأثیر غلظت‌های مختلف پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره اتانولی گیاه گلپر در حالات به‌تنهایی و ترکیبی بر روی میانگین شمارش پلیت استاندارد (log cfu/g) متاثر از کل روزهای نگه‌داری در گوشت چرخ شده سینه مرغ:

همان‌گونه که در نمودار ۱ نشان داده شده است میانگین شمارش پلیت استاندارد (log cfu/g) در غلظت‌های مختلف متاثر از کل روزهای نگه‌داری به استثنای غلظت ۰/۰۲۵ درصد، در حالت ترکیب همزمان پالیده عاری از سلول و عصاره نسبت به پالیده عاری از سلول و عصاره به‌تنهایی به‌صورت معنی‌داری پایین‌تر بود ($p<۰/۰۵$). از سویی، میانگین شمارش پلیت استاندارد (log cfu/g) در غلظت‌های مختلف متاثر از کل روزهای نگه‌داری بین پالیده عاری از سلول و عصاره به‌تنهایی تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند ($p>۰/۰۵$). هم‌چنین میانگین شمارش پلیت استاندارد در بین تیمارهای مختلف متاثر از کل روزهای نگه‌داری به‌صورت وابسته به غلظت کاهش یافت؛ به‌طوری‌که در غلظت ۰/۰۲۵ درصد بالاترین شمارش و در غلظت ۰/۲ درصد پایین ترین شمارش مشاهده گردید (نمودار ۱).

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

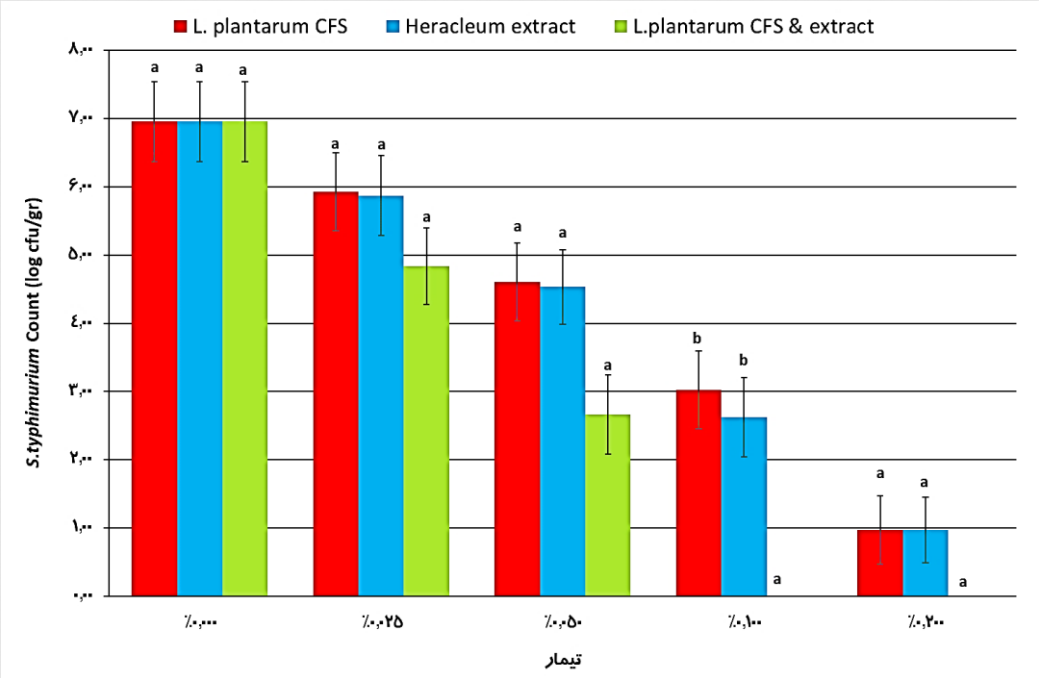


نمودار ۱: مقایسه میانگین ± انحراف معیار شمارش پلیت استاندارد (log cfu/g) در غلظت‌های مختلف پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره اتانولی گلپر در حالات به‌تنهایی و ترکیبی متاثر از کل روزهای نگه‌داری (حروف نامشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p<0/05$ می‌باشد.)

مقایسه نتایج تأثیر غلظت‌های مختلف پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره اتانولی گیاه گلپر در حالات به‌تنهایی و ترکیبی بر روی میانگین شمارش *سالمونلا تیفی‌موریوم* (log cfu/g) متاثر از کل روزهای نگه‌داری در گوشت چرخ شده سینه مرغ:

همان‌گونه که در نمودار ۲ نشان داده شده است میانگین شمارش سالمونلا (log cfu/g) در غلظت‌های مختلف متاثر از کل روزهای نگه‌داری در حالت ترکیب همزمان پالیده عاری از سلول و عصاره نسبت به پالیده عاری از سلول و عصاره به‌تنهایی پایین‌تر بود؛ این تفاوت به استثنای غلظت ۰/۱ درصد در سایر غلظت‌ها معنی‌دار نبود. از سویی، میانگین شمارش سالمونلا (log cfu/g) در غلظت‌های مختلف متاثر از کل روزهای نگه‌داری بین پالیده عاری از سلول و عصاره به‌تنهایی تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند ($p>0/05$). هم‌چنین میانگین شمارش سالمونلا در بین تیمارهای مختلف متاثر از کل روزهای نگه‌داری به‌صورت وابسته به غلظت کاهش یافت؛ بطوری‌که در غلظت ۰/۰۲۵ درصد بالاترین شمارش و در غلظت ۰/۲ درصد پایین‌ترین شمارش مشاهده گردید (نمودار ۲).

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

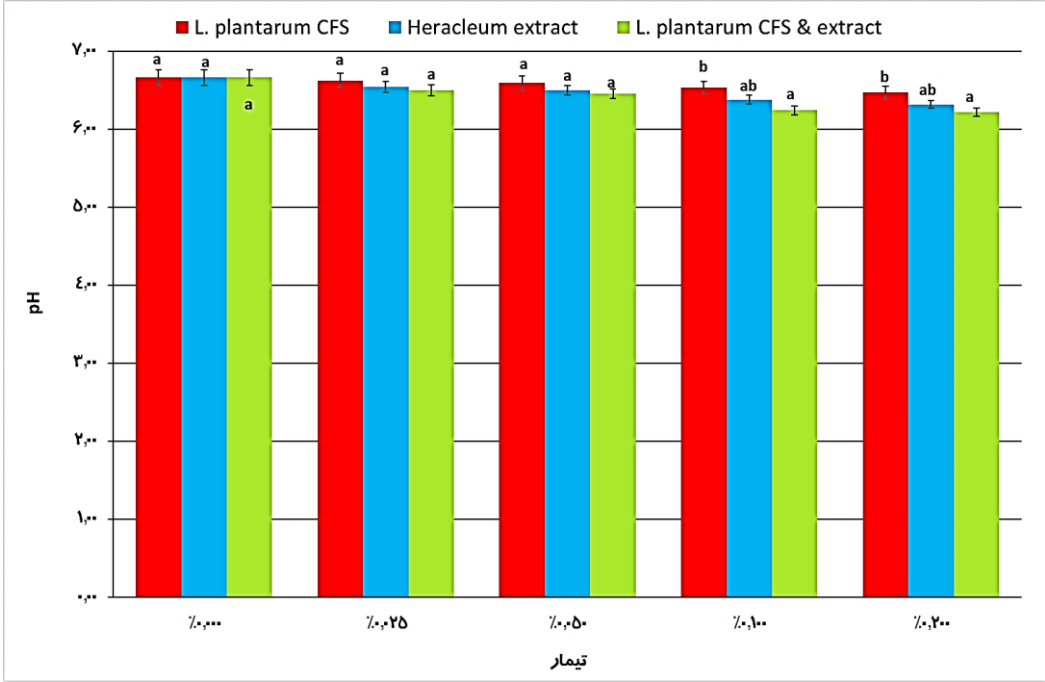


نمودار ۲: مقایسه میانگین ± انحراف معیار شمارش سالمونلا (log cfu/g) در غلظت‌های مختلف پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره اتانولی گلپر در حالات به‌تنهایی و ترکیبی متاثر از کل روزهای نگه‌داری (حروف نامشابه در ستون ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p<0/05$ می‌باشد.)

مقایسه نتایج تأثیر غلظت‌های مختلف پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره اتانولی گیاه گلپر در حالات به‌تنهایی و ترکیبی بر روی میانگین pH گوشت چرخ شده سینه مرغ متاثر از کل روزهای نگه‌داری:

همان‌گونه که در نمودار ۳ نشان داده شده است میانگین pH گوشت چرخ‌شده در غلظت‌های مختلف متاثر از کل روزهای نگه‌داری در حالت ترکیب همزمان پالیده عاری از سلول و عصاره اتانولی نسبت به پالیده عاری از سلول و عصاره اتانولی به‌تنهایی پایین‌تر بود؛ این تفاوت در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۲ درصد بین تیمارهای ترکیب همزمان پالیده عاری از سلول و عصاره اتانولی و پالیده عاری از سلول به تنهایی معنی دار بودند (p<۰/۰۵). هم‌چنین میانگین pH گوشت چرخ شده در بین تیمارهای مختلف متاثر از کل روزهای نگه‌داری به‌صورت وابسته به غلظت کاهش یافت؛ بطوری‌که در غلظت ۰/۰۲۵ درصد بالاترین pH و در غلظت ۰/۲ درصد پایین‌ترین pH مشاهده گردید (نمودار ۳).

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]



نمودار ۳: مقایسه میانگین ± انحراف معیار pH گوشت چرخ شده سینه مرغ در غلظت‌های مختلف پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره اتانولی گلپر متاثر در حالات به‌تنهایی و ترکیبی از کل روزهای نگه‌داری (حروف نامشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p<0/05$ می‌باشد.)

مقایسه نتایج تاثیر روزهای مختلف نگه‌داری گوشت چرخ‌شده سینه مرغ بر روی میانگین شمارش پلیت استاندارد (log cfu/g) در حالات به‌تنهایی و ترکیبی پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره اتانولی گلپر متاثر از کل غلظت‌ها:

همان گونه در جدول ۲ نشان داده شده است میانگین شمارش پلیت استاندارد (log cfu/g) متاثر از کل غلظت‌ها در تیمارهای مختلف با افزایش روزهای نگه‌داری از روز اول تا روز دهم نگه‌داری افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که پایین‌ترین میانگین شمارش پلیت استاندارد در روز اول و بالاترین شمارش در روز دهم نگهداری در شرایط یخچالی مشاهده شد. هم‌چنین در بین روزهای مختلف نگه‌داری، پایین‌ترین شمارش پلیت استاندارد در تیمار ترکیب همزمان پالیده عاری از سلول و عصاره اتانولی مشاهده گردید؛ ولی تفاوت میانگین شمارش پلیت استاندارد در روزهای اول، سوم، هفتم و دهم نگه‌داری در تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$) (جدول ۲).

جدول ۲: مقایسه میانگین ± انحراف معیار شمارش پلیت استاندارد (log cfu/g) در روزهای مختلف نگه‌داری گوشت چرخ‌شده سینه مرغ در حالات به تنهایی و ترکیبی پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره اتانولی گلپر متاثر از کل غلظت‌ها

تیمار	روز نگه‌داری			
	اول	سوم	هفتم	دهم
پالیده عاری از سلول	۲/۴۵±۱/۹۳ ^{a}	۴/۴۵±۲/۰۹ ^{a}	۵/۴۸±۲/۰۸ ^{a}	۶/۳۸±۲/۱۴ ^{a}
عصاره اتانولی	۲/۴۲±۱/۹۳ ^{a}	۴/۳۱±۲/۱۶ ^{a}	۵/۳۶±۲/۱۸ ^{a}	۶/۳۲±۲/۱۵ ^{a}
پالیده عاری از سلول + عصاره اتانولی	۱/۳۱±۱/۶۱ ^{a}	۲/۳۴±۲/۶۳ ^{a}	۲/۸۸±۳/۱۷ ^{a}	۳/۳۳±۳/۶۴ ^{a}
معنی داری	۰/۳۸۶	۰/۱۵۰	۰/۰۹۰	۰/۰۶۰

حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p<0/05$ می‌باشد.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

مقایسه نتایج تاثیر روزهای مختلف نگه‌داری گوشت چرخ‌شده سینه مرغ بر روی میانگین شمارش *سالمونلا تیفی‌موریوم* (log cfu/g) در حالات به‌تنهایی و ترکیبی پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره اتانولی گلپر متاثر از کل غلظت‌ها:

همان گونه در جدول ۳ نشان داده شده است میانگین شمارش سالمونلا (log cfu/g) متاثر از کل غلظت‌ها در تیمارهای مختلف با افزایش روزهای نگه‌داری از روز اول تا روز دهم نگه‌داری افزایش می‌یابد؛ بطوری‌که پایین‌ترین میانگین شمارش سالمونلا در روز اول و بالاترین شمارش در روز دهم نگهداری در شرایط یخچالی مشاهده شد. هم‌چنین در بین روزهای مختلف نگه‌داری، پایین‌ترین شمارش سالمونلا در تیمار ترکیب همزمان پالیده عاری از سلول و عصاره اتانولی مشاهده گردید ولی تفاوت میانگین شمارش سالمونلا در روزهای اول، سوم، هفتم و دهم نگه‌داری در تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود ($p>0/05$) (جدول ۳).

جدول ۳: میانگین ± انحراف معیار شمارش *سالمونلا تیفی‌موریوم* (log cfu/g) در روزهای مختلف نگه‌داری گوشت چرخ شده سینه مرغ در حالات به‌تنهایی و ترکیبی پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره اتانولی گلپر متاثر از کل غلظت‌ها

تیمار	روز نگه‌داری			
	اول	سوم	هفتم	دهم
پالیده عاری از سلول	۱/۷۰±۱/۴۱۳ ^{a}	۳/۲۱±۲/۳۰ ^{a}	۴/۳۴±۲/۱۶ ^{a}	۵/۲۷±۲/۱۱ ^{a}
عصاره اتانولی	۱/۲۸±۱/۵۹ ^{a}	۳/۱۳±۲/۲۶ ^{a}	۴/۳۰±۲/۱۳ ^{a}	۵/۲۶±۲/۱۲ ^{a}
پالیده عاری از سلول + عصاره اتانولی	۰/۶۲±۱/۱۴ ^{a}	۱/۷۵±۲/۰۲ ^{a}	۲/۲۹±۲/۵۸ ^{a}	۲/۸۳±۳/۱۱ ^{a}
معنی داری	۰/۳۱۷	۰/۳۴۸	۰/۱۵۱	۰/۱۰۳

حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p<0/05$ می‌باشد.

مقایسه نتایج تاثیر روزهای مختلف نگه‌داری بر روی میانگین pH گوشت چرخ شده سینه مرغ در حالات به‌تنهایی و ترکیبی پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره اتانولی گلپر متاثر از کل غلظت‌ها:

همان‌گونه که در جدول ۴ نشان‌داده شده‌است در تیمارهای مختلف با افزایش روزهای نگه‌داری گوشت چرخ‌کرده تحت‌تاثیر تیمارهای مختلف، میانگین pH افزایش می یابد؛ بطوری‌که پایین‌ترین pH در روز اول نگه‌داری و بالاترین pH در روز دهم نگه‌داری مشاهده شد. هم‌چنین میانگین pH گوشت چرخ‌شده در روزهای مختلف نگه‌داری تحت تاثیر تیمارهای مختلف، در روزهای اول و سوم نگهداری تفاوت معنی داری نداشتند؛ ولی میانگین pH گوشت چرخ‌شده در روزهای هفتم و دهم نگه‌داری در تیمار پالیده عاری از سلول به‌تنهایی نسبت به سایر تیمارها به‌صورت معنی داری بالاتر بود ($p<0/05$). از سویی، میانگین pH گوشت چرخ‌شده تحت‌تاثیر تیمارهای مختلف در روزهای مختلف نگه‌داری در تیمار ترکیب همزمان پالیده عاری از سلول و عصاره اتانولی در مقایسه با سایرین پایین‌تر بود؛ که به‌نظر می‌رسد این تیمار می‌تواند در افزایش ماندگاری گوشت چرخ‌شده در مقایسه با سایر تیمارها موثرتر باشد.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

جدول ۴: مقایسه میانگین ± انحراف معیار pH گوشت چرخ شده سینه مرغ در روزهای مختلف نگهداری در حالات به‌تنهایی و ترکیبی پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و عصاره اتانولی گلپر متاثر از کل غلظت‌ها

تیمار	روز نگه‌داری			
	اول	سوم	هفتم	دهم
پالیده عاری از سلول	۶/۳۳±۰/۱۱ a	۶/۳۵±۰/۱۰ a	۶/۷۲±۰/۱۱ b	۶/۸۲±۰/۰۹ b
عصاره اتانولی	۶/۲۹±۰/۱۲ a	۶/۳۰±۰/۱۱ a	۶/۵۳±۰/۱۴ a	۶/۶۱±۰/۱۲ a
پالیده عاری از سلول + عصاره اتانولی	۶/۲۰±۰/۱۵ a	۶/۲۳±۰/۱۵ a	۶/۴۵±۰/۱۵ a	۶/۵۲±۰/۱۶ a
معنی داری	۰/۱۵۷	۰/۱۶۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱

حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p<0/05$ می‌باشد.

بحث:

عوامل بیماریزای غذایی به‌ویژه *سالمونلا تیفی‌موریوم* یکی از عوامل اصلی عفونت‌های غذایی در سطح جهان محسوب می‌شوند و حضور آن در فرآورده‌های گوشتی نگرانی جدی ایجاد می‌کند (۳۴ و۳۵) به‌طور کلی، کنترل عوامل بیماریزای غذایی در صنایع غذایی غالباً بر رعایت موازین بهداشتی و استفاده از افزودنی‌های شیمیایی متکی است؛ با این حال، افزایش تمایل مصرف‌کنندگان به ترکیبات طبیعی و فشارهای ناشی از مقاومت آنتی‌بیوتیکی، پژوهش‌های گسترده‌ای را بر استفاده از ترکیبات گیاهی و متابولیت‌های پروبیوتیک متمرکز کرده است (۳۶ و۳۷).

نتایج این مطالعه نشان داد عصاره اتانولی گلپر دارای فعالیت ضدباکتریایی قابل‌توجه علیه *سالمونلا تیفی‌موریوم* می‌باشد (MIC=۶۴ mg/dl) که این یافته با بسیاری از گزارش‌های پیشین در مورد اثرات ضدباکتریایی اسانس و عصاره گیاه گلپر سازگار است. در یک بررسی نشان‌داده شد که اسانس گلپر ایرانی دارای خصوصیت ضدباکتریایی خوبی می‌باشد و بیشترین مقدارMIC (۳۲ درصد) بر روی *سالمونلا تیفی* و کمترین مقدار (۸ درصد)، بر روی *ویبریو کلرا* گزارش شد (۱۷). در بررسی دیگر، رضائیان و احسانی ترکیب شیمیایی و خواص ضدباکتریایی اسانس گلپر ایرانی را مطالعه نمودند. هگزیل بوتانوات (۲۵/۹۸ درصد)، اکتیل ایزوبوتیرات (۱۷/۸۲ درصد)، اکتیل ۲-متیل بوتیرات (۱۴/۳۷ درصد) و پنتیل سیکلوپروپان (۱۲/۷۷ درصد) به‌عنوان اجزای اصلی اسانس شناخته شدند. مقادیر MIC برای باکتری‌های مورد بررسی *اشریشیاکلی* و *لیستریا مونوسیتوژنز* به‌ترتیب ۵ و ۲/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به‌دست آمد (۳۸). کوشا و بیات در یک بررسی اثر ضدباکتریایی عصاره متانولی بخش‌های برگ و گل گیاه گلپر ایرانی را برروی ۴ باکتری بیماریزای گرم مثبت و ۴ باکتری بیماریزای گرم منفی نشان دادند (۳۹). در مطالعه‌ای دیگر، استرهای آلیفاتیک، الکل‌های آلیفاتیک، استرهای مونوترپن عمده ترکیبات شناسایی شده در اسانس دانه‌های رسیده و نرسیده گلپر ایرانی بودند (۴۰). اساساً اثرات ضدمیکروبی و سایر خواص بیولوژیکی یک اسانس و یا عصاره در ارتباط با ترکیبات عمده موجود در آن می باشد؛ اما گاهی اوقات، اثر سینرژیستی و آنتاگونیستی یکی از اجزایی که به مقدار بسیار کم در ترکیب اسانس وجود دارد، نقش کلیدی در ارتباط با خواص اسانس ایفا می‌کند (۴۱). از طرفی، ترکیبات موجود در اسانس یا عصاره حاصل از قسمت‌های مختلف گیاه متفاوت بوده و در مراحل مختلف رسیدن گیاه نیز تغییرات گسترده‌ای می یابد. شرایط اقلیمی، زمان برداشت، مدت زمان نگه‌داری، نحوه استخراج عصاره و یا اسانس و تفاوت های ژنتیکی گیاه، بر روی نوع و میزان

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

ترکیبات موجود در عصاره یا اسانس گیاهان تاثیرگذار است (۴۲).

همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* به‌تنهایی نیز دارای اثر ضدباکتری بر روی *سالمونلا تیفی‌موریوم* می‌باشد (MIC=۵۱۲ mg/dl). این یافته، با نتایج مطالعات گذشته در این زمینه سازگار می‌باشد. Kim و همکاران نشان دادند CFS سویه NIBR97 *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* که از کیمچی[1](یک نوع غذای تخمیرشده کره‌ای) جداسازی شده بود؛ فعالیت ضد باکتریایی بالاتری نسبت به سایر سویه‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در برابر باکتری *سالمونلا انتریتیدیس*[2] دارد. همچنین این محققین نشان دادند این سویه دارای فعالیت‌های ضد باکتریایی در برابر طیف وسیعی از باکتری‌های بیماری‌زا است. تیمار CFS با پروتئیناز K منجر به کاهش قابل‌توجه فعالیت ضدباکتریایی آن علیه سالمونلا شد. بنابراین، این نتایج تأیید می‌کند که فعالیت‌های ضد باکتریایی CFS حاصل از NIBR97 عمدتاً توسط پروتئین‌ها یا پپتیدهای آن که به‌عنوان AMP[3] عمل می‌کنند، انجام می‌شود (۴۳). در مطالعه دیگر، Çobur و همکاران اثرات ضدباکتریایی پست‌بیوتیک[4] لیوفیلیزه *لاکتی‌پلانتی‌باسیلوس پلانتاروم*[5] (نام جدید *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*) را بر روی طیف وسیعی از باکتری های بیماریزا بویژه *سالمونلا تیفی‌موریوم* را با MIC برابر ۱۲/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش کردند (۴۴). Arrioja-Bretón و همکاران در یک مطالعه، گزارش نمودند که CFS *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* سویه NRRL B-4496 در مقایسه با CFS سایر لاکتوباسیلوس‌های موردآزمایش بیشترین قطر منطقه مهاری را در برابر *سالمونلا تیفی‌موریوم* (۲۴/۹۸ میلی‌متر) دارد. همچنین این محققین نشان دادند هنگامی که pH برای اکثر CFSهای آزمایش شده روی ۶/۵ تنظیم شد، خواص ضدمیکروبی آن‌ها از بین رفت، در حالی که تنها CFS *باسیلوس پلانتاروم* فعالیت ضد میکروبی خود را حفظ کرد، که هنگام تیمار با پروتئیناز K از بین رفت. بنابراین فعالیت ضد میکروبی CFSهای موردآزمایش به غیر از *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* عمدتاً به اسیدهای آلی نسبت داده‌شد (۴۵). Xi و همکاران در یک مطالعه، فعالیت‌های ضد باکتریایی و ضد بیوفیلمی CFS مشتق‌شده از *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*X (سویه‌ای جدا شده از کیمچی تخمیر شده) را در برابر پاتوژن‌های *لیستریا مونوسیتوژنز* و *سالمونلا انتریتیدیس* ارزیابی کردند. CFS این سویه اثر ضدباکتریایی و ضدبیوفیلمی قوی نشان داد. سنجش‌های پایداری حرارتی نشان داد که CFS حتی پس از غیرفعال‌سازی در دمای بالا (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ دقیقه) فعالیت ضدباکتریایی قابل‌توجهی را حفظ می‌کند که نشان‌دهنده وجود ترکیبات زیست‌فعال مقاوم در برابر حرارت است. مطالعات مقایسه‌ای با بافرهای اسید هیدروکلریک در سطوح pHمعادل تأیید کرد که اسیدهای آلی عامل اصلی فعالیت CFSنیستند، که نشان‌دهنده دخالت باکتریوسین‌ها یا سایر پپتیدهای ضدباکتریایی است (۴۶). بنابراین تفاوت در غلظت و نوع ترکیبات CFS (باکتریوسین‌ها، اسیدهای آلی، پپتیدهای AMPs)، مکانیسم اثر مولکولی مختلف CFS (تخریب غشای سالمونلا، کاهش بیان ژن‌های ویرولانس، تاثیر بر تشکیل بیوفیلم) و شرایط آزمایشی و محیطی مختلف (pH و خنثی‌سازی، نوع سالمونلا و شرایط کشت) سبب شده‌است که اثر ضدباکتریایی CFS*لاکتوباسیلوس پلانتاروم* روی سالمونلا در مطالعات مختلف، متفاوت گزارش گردد (۴۳، ۴۶، ۴۷ و ۴۸).

یکی از نتایج قابل توجه این تحقیق، اثر افزایشی[6] تلفیق عصاره گلپر و پالیده *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* بود (FICI=۰/۵۶۲)، که در مقایسه با اثرات مستقل هر عامل، MIC ترکیبی به ۳۲ mg/dlکاهش یافت. این کاهش در MIC بدین معناست که

[1] - Kimchi
[2] - *Salmonella enteritidis*
[3] - Antimicrobial peptides (AMPs)
[4] - Postbiotics
[5] - *Lactiplantbacillus plantarum*
[6] - Additive

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

ترکیب عصاره گلپر و CFS قادر است مقدار ماده مورد نیاز برای رسیدن به اثر ضدباکتریایی را کاهش دهد؛ این امر می‌تواند عوارض جانبی کمتر، بهره‌وری بالاتر و کاهش خطر مقاومت‌های نوظهور را همراه داشته باشد، موضوعی که در ادبیات علمی درباره تلفیق پروبیوتیک‌ها و سایر عوامل طبیعی به‌صورت کلی مورد حمایت قرار گرفته است (۴۹). اگرچه بررسی‌های مستقیم درباره عصاره *گلپر* در ترکیب با CFS *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در مقالات منتشرشده (تا زمان جستجو) یافت نشد؛ ولی مطالعات مختلف در حوزه تلفیق CFS لاکتوباسیلوس با ترکیبات گیاهی یا آنتی‌بیوتیک‌ها نشان داده‌اند که این نوع تعاملات می‌توانند اثر ضدباکتریایی را به‌صورت افزایشی یا هم‌افزا[1] تقویت کنند. Aminnezhad و همکاران گزارش نمودند که تلفیق CFS *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* با آنتی‌بیوتیک‌های جنتامایسین و آزیترومایسین باعث کاهش MIC بر روی *سودوموناس آیروژینوزا*[2] و برهم‌کنش هم‌افزایی شد (۵۰). Fadare و همکاران نشان دادند که تلفیق CFS *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* سویه NG6 با عصاره آبی سیر اثر ضدمیکروبی هم‌افزایی بر روی *سالمونلا تیفی* و *تیفی‌موریوم* دارد (۵۱). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مشاهده برهم‌کنش افزایشی در تلفیق‌ها به نوع عصاره گیاهی، نوع متابولیت‌های CFS و شرایط آزمایشگاهی(pH، دوز، نوع باکتری) بستگی دارد (۵۱). مکانیسم احتمالی این اثر ترکیبی می‌تواند به افزایش نفوذپذیری غشای باکتری توسط ترکیبات فنولی عصاره گیاهی، عمل به‌صورت چند مسیر مهار همزمان (ترکیب عصاره و CFS ممکن است به‌صورت همزمان ساختار بیوفیلم، مسیرهای ویرولانس و روندهای متابولیک را مختل کند) و جلوگیری از افزایش pHو حفظ تعادل ضدباکتریایی (اسیدهای تولیدشده در CFSمی‌توانند pH محیط را پایین آورده و اثر عصاره‌ها را تقویت کنند) بازگردد که منجر به مهار بهتر رشد سالمونلا می‌شود (۵۳-۵۱).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که عصاره اتانولی گلپر و CFS حاصل از *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* به‌صورت منفرد و به‌ویژه در حالت ترکیبی موجب کاهش معنی‌دار SPC وSC در گوشت چرخ‌شده طی نگه‌داری سرد شدند.گرچه مطالعات محدودی در زمینه تاثیر استفاده مستقیم از عصاره یا اسانس گلپر بر روی عوامل بیماریزای منتقله از غذا در گوشت چرخ‌شده وجود دارد؛ ولی مطالعاتی به اثرات ضدباکتریایی فرم نانوامولسیون و نیز ترکیب آن با پوشش‌های مختلف پرداخته‌اند. Hamzehie و Roomiani در یک مطالعه نشان داده‌شد که تیمار ۲ درصد نانوامولسیون اسانس گلپر ماندگاری ناگت مرغ را در مقایسه با گروه کنترل ۳ روز افزایش می‌دهد (۵۴). Mohammadpourfard و همکاران اثر ضدباکتریایی کیتوزان پوشش داده‌شده با اسانس گلپر را بر کیفیت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی نمودند. این محققین نشان دادند که با افزایش مقدار کیتوزان شمارش کلی باکتری‌های زنده، شمارش باکتری‌های سرمادوست و مواد ازته فرار تام در مقایسه با گروه کنترل کاهش می‌یابد (۵۵). Burt نشان داد که ترکیبات فنولی موجود در اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی با تخریب غشای سلولی و افزایش نفوذپذیری، موجب نشت محتویات سلولی باکتری‌های گرم‌منفی از جمله سالمونلا می‌شوند (۴۱).

همچنین در تحقیقات متعدد به اثر ضدباکتریایی CFS *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و نیز تاثیر آن در افزایش ماندگاری ماتریکس غذایی اشاره شده است. Arrioja-Bretón و همکاران نشان دادند که CFS *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در کاهش بار میکروبی باکتری‌های تلقیح‌شده در گوشت گاو عمدتاً *سالمونلا تیفی‌موریوم* و *لیستریا مونوسیتوژنز* مؤثر می‌باشد (۴۵). Liang و همکاران گزارش نمودند که استفاده از CFS *لاکتی‌پلانتی‌باسیلوس پلانتاروم* سویه SHY96 (LCFS96) به‌طور قابل‌توجهی تعداد باکتری‌های زنده *لیستریا مونوسیتوژنز* سویه ۰۲ را ۸۴/۹۳ درصد کاهش می‌دهد؛ درحالی‌که pH، مواد ازته بازی فرار تام (TVB-N) و خواص ارگانولپتیک گوشت مرغ را در دمای ۴ درجه‌سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ روز حفظ می‌کند. این یافته‌ها، مکانیسم ضدمیکروبی و کاربرد بالقوه LCFS96 را در

[1] - Synergism

[2] - *Pseudomonas aeruginosa*

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

افزایش ماندگاری محصولات گوشتی برجسته می‌کند (۵۶). Wang و همکاران نشان دادند که استفاده از CFS *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* سویه ۹۰ در غلظت ۰/۵ درصد رشد میکروارگانیسم‌ها را در ژل گوشت چرخ‌کرده گاو مهار کرده و ماندگاری آن را بدون تأثیر برpH، افت پخت، رنگ و ویژگی‌های بافت محصول افزایش می‌دهد (۵۷). هم‌چنین، Tenea گزارش کرد که CFS *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* سویه UTNCys5-4 در پوشش‌دهی گوشت توانست کاهش ۱/۹۱–۱/۵۵ لگاریتم cfu را در بار میکروبی تا روز ۹ ایجاد کند (۵۸). CFS حاصل از *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* حاوی اسیدهای آلی، باکتریوسین‌ها نظیر پلانتاریسین[1] و سایر متابولیت‌های ضدمیکروبی است؛ Yang و همکاران نشان دادند که باکتریوسین‌های تولیدشده توسط *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* توانایی مهار پاتوژن‌های گرم‌منفی را در شرایط غذایی دارند (۵۹). این داده‌ها یافته‌های ما در زمینه کاهش SPC و SC و افت معنی‌دار pH نمونه‌ها را تأیید می‌کند.

در تحقیق حاضر، میانگین کلی pH گوشت چرخ‌شده در تیمار حاوی ترکیب همزمان عصاره اتانولی گلپر و پالیده عاری از سلول لاکتوباسیلوس پلانتاروم در مقایسه با کاربرد جداگانه هر یک از این ترکیبات، در کل دوره نگهداری به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود. این یافته نشان‌دهنده وجود یک اثر هم‌افزای احتمالی میان ترکیبات زیست‌فعال گیاهی و متابولیت‌های حاصل از باکتری‌های اسیدلاکتیک است. کاهش pH در محصولات گوشتی تیمارشده با عصاره‌های گیاهی پیش‌تر نیز گزارش شده است. در یک متاآنالیز جامع، Zhou و همکاران نشان دادند که استفاده از عصاره‌های طبیعی گیاهی در فرآورده‌های گوشتی به‌طور معنی‌داری موجب کاهشpH ، مهار رشد میکروبی و بهبود پایداری اکسیداتیو می‌شود (۶۰). این اثر عمدتاً به حضور ترکیبات فنولیک، فلاونوئیدها و اسیدهای آلی نسبت داده شده است که از طریق اختلال در دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها و تغییر نفوذپذیری غشاء، رشد میکروب‌های فسادزا را محدود می‌کنند (۶۴). همچنین گزارش شده است که آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌توانند با مهار اکسیداسیون لیپیدها، شرایط محیطی نامطلوب‌تری برای رشد باکتری‌های هوازی ایجاد کنند که این امر به‌طور غیرمستقیم در کاهش pHمؤثر است (۶۵). از سوی دیگر، نقش *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در کاهش pH محصولات گوشتی به‌خوبی مستند شده است. این باکتری از طریق تولید اسید لاکتیک و سایر متابولیت‌های آلی، سبب اسیدی شدن محیط و مهار رقابتی فلور فسادزا می‌شود (۶۱). در مطالعه‌ای بر گوشت تخمیری، استفاده از *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* منجر به کاهش معنی‌دار pHو بهبود شاخص‌های ایمنی میکروبی شد (۶۱). همچنین کاربرد پوشش‌های زیستی حاوی این باکتری در نگهداری گوشت تازه، کاهش pH و بهبود پایداری طی دوره ذخیره‌سازی را نشان داد (۶۲). این کاهش pH نه تنها ناشی از تولید اسیدهای آلی است، بلکه می‌تواند حاصل تولید باکتریوسین‌ها و ترکیبات ضدمیکروبی ثانویه نیز باشد که رشد باکتری‌های مولد آمین‌های بیوژن را محدود می‌کنند (۶۱). نکته قابل توجه در نتایج حاضر، شدت بیشتر کاهش pHدر تیمار ترکیبی نسبت به تیمارهای منفرد است. این موضوع می‌تواند بیانگر اثر سینرژیک بین ترکیبات فنولیک موجود در عصاره گلپر و متابولیت‌های حاصل از *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* باشد. گزارش شده است که ترکیب نگهدارنده‌های طبیعی گیاهی با سیستم‌های نگه‌دارنده زیستی[2] مبتنی بر باکتری‌های اسیدلاکتیک می‌تواند اثر ضدمیکروبی قوی‌تری نسبت به کاربرد مجزا ایجاد کند (۶۴). ترکیبات فنولیک ممکن است با تضعیف غشاء سلولی باکتری‌های هدف، حساسیت آن‌ها را به اسیدهای آلی افزایش دهند و در نتیجه اثر کاهشی بر pH تشدید شود (۶۰ و۶۴). علاوه بر این، کاهش pH یکی از مهم‌ترین عوامل مهار رشد باکتری‌های بیماری‌زا مانند انتروباکتریاسه و باکتری‌های هوازی مزوفیل است. طبق مطالعات پیشین، افت pH در محدوده زیر ۵/۵ می‌تواند رشد بسیاری از

[1] - Plantaricin

[2] - Bio preservation

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

میکروارگانیسم‌های فسادزا را به‌طور قابل توجهی محدود کند (۶۱و۶۵). بنابراین، کاهش معنی‌دار pH مشاهده‌شده در تیمار ترکیبی احتمالاً به بهبود طول عمر نگهداری و ایمنی میکروبی گوشت چرخ‌شده کمک می نماید. در مجموع، یافته‌های این مطالعه با نتایج تحقیقات پیشین هم‌راستا بوده و نشان می‌دهد که استفاده همزمان از عصاره‌های گیاهی غنی از ترکیبات فنولیک و پالیده عاری از سلول *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* می‌تواند به‌عنوان یک راهکار طبیعی، ایمن و مؤثر در کاهش pH و افزایش پایداری میکروبی محصولات گوشتی مطرح شود (۶۰، ۶۳، ۶۴ و ۶۵). این رویکرد با روند جهانی کاهش مصرف نگهدارنده‌های سنتتیک و گرایش به سیستم‌های نگهداری طبیعی نیز همسو است.

نتیجه‌گیری:

بر اساس نتایج این پژوهش، عصاره اتانولی گلپر ایرانی و CFS تولیدشده توسط *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* هر یک به‌طور مستقل توانایی مهار رشد *سالمونلا تیفی‌موریوم* را دارا بودند، اما ترکیب آن‌ها اثر افزایشی قوی نشان داد که در کاهش MIC، افت pH و کاهش بار میکروبی کلی (SPC و SC) در گوشت چرخ‌شده مرغ طی نگه‌داری در شرایط یخچالی مشهود بود. این نتایج حاکی از پتانسیل بالای این ترکیب به‌عنوان یک راهکار طبیعی و ایمن برای افزایش ماندگاری و ایمنی مواد پروتئینی است. با این وجود، بررسی ویژگی‌های حسی، پذیرش مصرف‌کننده و آزمون‌های مقیاس صنعتی برای تأیید قابلیت کاربردی آن در زنجیره غذایی ضروری است.

تشکر و قدردانی:

بدین وسیله نویسندگان مقاله از زحمات و تلاش‌های مهندس ناصر باقری مسئول محترم آزمایشگاه کنترل کیفی و بهداشتی مواد غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه در طول اجرای این پایان‌نامه تشکر و قدردانی می گردد.

تعارض منافع:

نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافع ندارند.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

منابع

1. Mead GC. Microbiological quality of poultry meat: a review. Rev Bras Cienc Avic. 2004; 6(3):135-42.
2. Shaji S, Selvaraj RK, Shanmugasundaram R. Salmonella Infection in Poultry: A Review on the Pathogen and Control Strategies. Microorganisms. 2023 Nov 20;11(11):2814.
3. Teklemariam AD, Al-Hindi RR, Albiheyri RS, Alharbi MG, Alghamdi MA, Filimban AAR, et al. Human Salmonellosis: A Continuous Global Threat in the Farm-to-Fork Food Safety Continuum. Foods. 2023;12(9):1756.
4. Ferrari RG, Rosario DK, Cunha-Neto A, Mano SB, Figueiredo EE, Conte-Junior CA. Worldwide epidemiology of Salmonella serovars in animal-based foods: a meta-analysis. Applied and environmental microbiology. 2019;85(14): e00591–19.
5. World Health Organization. Salmonella (non-typhoidal). WHO Fact sheet. 2023.
6. Tan SJ, Nordin S, Esah EM, Mahror N. Salmonella spp. in Chicken: Prevalence, Antimicrobial Resistance, and Detection Methods. Microbiology Research. 2022;13(4):691–705.
7. Galán JE. *Salmonella Typhimurium* and inflammation: a pathogen-centric affair. Nature Reviews Microbiology. 2021;19(11):716–25. (6)
8. Steenackers H, Hermans K, Vanderleyden J, De Keersmaecker SC. Salmonella biofilms: an overview on occurrence, structure, regulation and eradication. Food research international. 2012;45(2):502–31.
9. Wang J, Vaddu S, Bhumanapalli S, Mishra A, Applegate T, Singh M, Thippareddi H. A systematic review and meta-analysis of the sources of Salmonella in poultry production (pre-harvest) and their relative contributions to the microbial risk of poultry meat. Poult Sci. 2023 May;102(5):102566. doi: 10.1016/j.psj.2023.102566. Epub 2023 Feb 9.
10. Crim SM, Iwamoto M, Huang JY, Griffin PM, Gilliss D, Cronquist AB, et al. Incidence and trends of infection with pathogens transmitted commonly through food—Foodborne Diseases Active Surveillance Network, 10 US sites, 2006–2013. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 2014;63(15):328–32.
11. Antunes P, Mourão J, Campos J, Peixe L. Salmonellosis: the role of poultry meat. Clinical microbiology and infection. 2016;22(2):110–21.
12. Tajkarimi MM, Ibrahim SA, Cliver DO. Antimicrobial herb and spice compounds in food. Food Control. 2010;21(9):1199-218.
13. Gyawali R, Ibrahim SA. Natural products as antimicrobial agents. Food Control. 2014; 46:412-29.
14. Mozaffarian V. Flora of Iran. Tehran: Institute of Forests and Rangelands; 1996. p. 234-236. [In Persian]
15. Majidi Z, Lamardi SS. Phytochemistry and biological activities of *Heracleum persicum*: A review. Journal of integrative medicine. 2018;16(4):223–35.
16. Asgarpanah J, Dadashzadeh Mehrabani G, Ahmadi M, Ranjbar R, Safi-Aldin Ardebily M. Chemistry, pharmacology and medicinal properties of *Heracleum persicum* Desf. Ex Fischer: A review. J Med Plants Res. 2012;6(10):1813–20.
17. Shariatifar N, Mostaghim T, Afshar A, Mohammadpourfard I, Sayadi M, Rezaei M. Antibacterial properties of essential oil of *Heracleum persicum* (Golpar) and foodborne pathogens. Int J Enteric Pathog. 2017 May;5(2):41-44.
18. Alvani A, Mazarei Z, Mokhtari B. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activity of *Trachyspermum copticum*, *Cuminum cyminum* and *Heracleum persicum* essential oils. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products. 2025;20(20): e161641.
19. Hajati A, Mahdavi Fikjvar E, Mohammadi Jonaghani M, Satvat P, Amini N. Chemical

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

Profile, Antioxidant Potential, and Antibacterial Activity of *Heracleum persicum* Essential Oil against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Studies in Medical Sciences. 2025; 36(3):195-202.
20. Bisht SS, Sarkhel B, Bachheti RK, Mishra BB, Pandey SK. Plant Extract in Active and Intelligent Food Packaging Systems. Natural Additives in Food and Sustainable Packaging: Jenny Stanford Publishing; 2025. p. 353–85.
21. Stiles ME. Biopreservation by lactic acid bacteria. Antonie van leeuwenhoek. 1996;70(2):331–45.
22. Danilova T, Adzhieva A, Mezentseva M, Suetina I, Danilina G, Minko A, et al. The inhibitory activity of *Lactobacillus plantarum* supernatant against Enterobacteria, Campylobacter, and tumor cells. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2023;176(1):64–7.
23. Kim SW, Kang SI, Shin DH, Oh SY, Lee CW, Yang Y, et al. Potential of cell-free supernatant from *Lactobacillus plantarum* NIBR97, including novel bacteriocins, as a natural alternative to chemical disinfectants. Pharmaceuticals. 2020;13(10):266.
24. Cho G-S, Hanak A, Huch M, Holzapfel WH, Franz CM. Investigation into the potential of bacteriocinogenic *Lactobacillus plantarum* BFE 5092 for biopreservation of raw turkey meat. Probiotics and antimicrobial proteins. 2010;2(4):241–9.
25. Afrisham R, Aberomand M, Ghaffari MA, Siahpoosh A, Jamalan M. Inhibitory Effect of *Heracleum Persicum* and *Ziziphus Jujuba* on Activity of Alpha-Amylase. Journal of Botany. 2015;2015(1):824683.
26. Amani Z, Gandomi H, Akhondzadeh Basti A, Derakhshandeh A, Noori N. Cytotoxicity, genotoxicity, and mutagenicity potential of ethanolic extract of *Heracleum persicum* Desf. ex-Fischer. Journal of Food Safety. 2019 Jun;39(3): e12640.
27. Moradi, M Mardani, K and Tajik, H. Characterization and application of postbiotics of Lactobacillus spp. on *Listeria monocytogenes* in vitro and in food models. LWT. 2019; 111: 457-464.
28. CLSI. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. 33rd ed. CLSI supplement M100. Clinical and Laboratory Standards Institute; 2023.
29. Dehkordi NH, Tajik H, Moradi M, Kousheh SA, Molaei R. Antibacterial interactions of colloid nanosilver with eugenol and food ingredients. Journal of food protection. 2019 Oct 1;82(10):1783-92.
30. Te Dorsthorst DT, Verweij PE, Meletiadis J, Bergervoet M, Punt NC, Meis JF, Mouton JW. In vitro interaction of flucytosine combined with amphotericin B or fluconazole against thirty-five yeast isolates determined by both the fractional inhibitory concentration index and the response surface approach. Antimicrobial Agents and Chemotherapy. 2002 Sep;46(9):2982-9.
31. Govaris A, Solomakos N, Pexara A, Chatzopoulou PS. The antimicrobial effect of oregano essential oil, nisin and their combination against *Salmonella Enteritidis* in minced sheep meat during refrigerated storage. International journal of food microbiology. 2010 Feb 28;137(2-3):175-80.
32. Hayouni EA, Chraief I, Abedrabba M, Bouix M, Leveau JY, Mohammed H, Hamdi M. Tunisian *Salvia officinalis* L. and *Schinus molle* L. essential oils: Their chemical compositions and their preservative effects against Salmonella inoculated in minced beef meat. International Journal of Food Microbiology. 2008 Jul 31;125(3):242-51.
33. Downes FP. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods: APHA; 2001.
34. Scallan E, Hoekstra RM, Angulo FJ, Tauxe RV, Widdowson MA, Roy SL, Jones JL, Griffin PM. Foodborne illness acquired in the United States—major pathogens. Emerging infectious diseases. 2011 Jan;17(1):7.
35. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). Scientific opinion on monitoring and assessment of the public health risk of "*Salmonella Typhimurium*-

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

like" strains. EFSA Journal. 2010 Oct;8(10):1826.
36. Gyawali R, Ibrahim SA. Natural products as antimicrobial agents. Food control. 2014 Dec 1; 46:412-29.
37. Gaggìa F, Mattarelli P, Biavati B. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. International journal of food microbiology. 2010 Jul 31;141: S15-28.
38. Rezayan A, Ehsani A. Evaluation of the chemical compounds and antibacterial properties of the aerial parts of Persian *Heracleum persicum* essence. Journal of Babol University of Medical Sciences. 2015 Jun 10;17(6):26-32.
39. Kousha A, Bayat M. Bactericidal and fungicidal activity of methanolic extracts of *Heracleum persicum* Desf. ex-Fischer against some aquatic and terrestrial animal pathogens. Int Jf Pharm. 2012;8(7):652-656.
40. Sefidkon F, Dabiri M, Mohammad N. Analysis of the Oil of *Heracleum persicum* L (Seeds and Stems). J Essent Oil Res. 2004;16(4):296-8.
41. Burt S. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods–A review. Int J Food Microbiol 2004;94(3):223-53.
42. Reichert S, Wust M, Beck T, Masandl A. Stereoisomeric flavor conpounds LXXXI: dill ether and its cis-stereoisomers: synthesis and enantioselective analysis. J High Resol Chromatogr.1998;21(3):185-9.
43. Kim SW, Kang SI, Shin DH, Oh SY, Lee CW, Yang Y, et al. Potential of Cell-Free Supernatant from *Lactobacillus plantarum* NIBR97, Including Novel Bacteriocins, as a Natural Alternative to Chemical Disinfectants. Pharmaceuticals. 2020;13(10):266.
44. Çobur H, Löker N, Dışhan A, Vurmaz M, Karatepe P, Hızlısoy H, Akçay A, İncili GK, Hayaloğlu AA, Al S. *Lactiplantibacillus Plantarum* Postbiotics Suppress Salmonella Typhimurium Invasion and Modulate Innate Responses in Human Intestinal Epithelial Cells. Probiotics Antimicrob Proteins. 2025 Nov 3. doi: 10.1007/s12602-025-10824-8. Epub ahead of print.
45. Arrioja-Bretón D, Mani-López E, Palou E, López-Malo A. Antimicrobial activity and storage stability of cell-free supernatants from lactic acid bacteria and their applications with fresh beef. Food control. 2020; 115:107286.
46. Xi D, Dong X, Hao G, Hu Q, Shami A, Al-Asmari F, et al. Potent antibacterial and antibiofilm effects of *Lactobacillus plantarum* X cell-free supernatant against foodborne pathogens and its application in aquatic product preservation. Food Bioscience. 2025:107349.
47. Hu A, Huang W, Shu X, Ma S, Yang C, Zhang R, Xiao X, Wu Y. *Lactiplantibacillus plantarum* Postbiotics Suppress *Salmonella* Infection via Modulating Bacterial Pathogenicity, Autophagy and Inflammasome in Mice. Animals (Basel). 2023 Oct 14;13(20):3215.
48. Danilova TA, Adzhieva AA, Mezentseva MV, Suetina IA, Danilina GA, Minko AG, Dmitrieva ML, Zhukhovitsky VG. The Inhibitory Activity of *Lactobacillus plantarum* Supernatant against Enterobacteria, Campylobacter, and Tumor Cells. Bull Exp Biol Med. 2023 Nov;176(1):64-67.
49. Ekechukwu C, Umeh S, Iheukwumere I, Iheukwumere C. Synergistic Effects of Medicinal Plant Extracts and Lactobacillus Species against Bacterial Pathogens from Smoked Fish and Chicken: An In Vitro Study. IPS Journal of Natural Products. 2025;1(1):13–8.
50. Aminnezhad S, Rahimifard N, Kermanshahi R, Ranjbar R, Baghery O, Bagheri F. Synergistic effects of supernatant from *Lactobacillus plantarum* cultured medium and conventional antibiotics against Pseudomonas aeruginosa. Biosciences Biotechnology Research Asia. 2016;9(2).
51. Fadare O, Singh V, Enabulele O, Shittu O, Pradhan D. In vitro evaluation of the synbiotic effect of probiotic Lactobacillus

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

strains and garlic extract against Salmonella species. LWT. 2022; 153:112439.
52. Li M, Xiao H, Su Y, Cheng D, Jia Y, Li Y, et al. Synergistic Inhibitory Effect of Honey and *Lactobacillus plantarum* on Pathogenic Bacteria and Their Promotion of Healing in Infected Wounds. Pathogens. 2023;12(3):501.
53. Elebeedy D, Ghanem A, El-Sayed M, Fayad E, Abu Ali OA, Alyamani A, Sayed Abdelgeliel A. Synergistic Antimicrobial Effect of *Lactiplantibacillus plantarum* and *Lawsonia inermis* Against *Staphylococcus aureus*. Infect Drug Resist. 2022 Feb 19; 15:545-554.
54. Hamzehie M, Roomiani L. Antimicrobial and Antioxidant Effects of Essential Oil Nanoemulsion of *Heracleum persicum* on Quality and Shelf-life of Shrimp Nuggets. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 2023;18(2):97–110.
55. Mohammadpourfard I, Shamloo Anbardan MM, Eshghi N, Jahanbakhsh M, Akbarzadeh A, Ghorbani Bejandi S, et al. Assessment of the antibacterial effect of chitosan coated with *Heracleum persicum* oil on rainbow trout quality. Journal of Aquatic Food Product Technology. 2017; 26(6):756–68.
56. Liang M, Wang H, Zhou Z, Huang Y, Suo H. Antibacterial mechanism of *Lactiplantibacillus plantarum* SHY96 cell-free supernatant against Listeria monocytogenes revealed by metabolomics and potential application on chicken breast meat preservation. Food Chemistry: X. 2025; 25:102078.
57. Wang J, Xu L, Gu L, Lv Y, Li J, Yang Y, et al. Cell-free supernatant of *Lactiplantibacillus plantarum* 90: A clean label strategy to improve the shelf life of ground beef gel and its bacteriostatic mechanism. Foods. 2023;12(22):4053
58. Tenea GN. Inhibitory substances produced by native *L. plantarum* UTNCys5-4 control microbial growth in meat. J Food Qual. 2019; 2019:9516981.
59. Yang E, Fan L, Yan J, Jiang Y, Doucette C, Fillmore S, et al. Influence of culture media, pH and temperature on growth and bacteriocin production of bacteriocinogenic lactic acid bacteria. AMB express. 2018; 8(1):10.
60. Zhou T, Wu J, Zhang M, Ke W, Shan K, Li C. Effect of natural plant extracts on the quality of meat products: a meta-analysis. Food Materials Research. 2023; 3:15.
61. Shang H, Yue Y, Guo B, Ji C, Zhang S, Dong L, et al. The effects of Lactiplantibacillus plantarum 3-19 and *Pediococcus pentosaceus* 18-1 on preventing the accumulation of biogenic amines and promoting the production of volatile organic compounds during sour meat fermentation. International Journal of Food Microbiology. 2024; 421:110806.
62. Jiang L-S, Li Y-C, Zheng F-X, et al. Application of *Lactiplantibacillus plantarum* hydrogel coating in combination with ice temperature for the preservation of fresh yak meat. Food Chem X. 2024;101735.
63. Wang H, Zhu P, Yu F, Han Z, Liu W, Zhu Y, et al. Effects of *Lactiplantibacillus Plantarum* fermented feed on meat quality and lipid metabolism of broilers. Poultry Science. 2025:106099.
64. Oulahal N, Degraeve P. Phenolic-rich plant extracts with antimicrobial activity: an alternative to food preservatives and biocides? Frontiers in microbiology. 2022; 12:753518.
65. Horbańczuk OK, Kurek MA, Atanasov AG, Brnčić M, Brnčić SR. The effect of natural antioxidants on quality and shelf life of beef and beef products. Food technology and biotechnology. 2019;57(4):439.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]