Investigation of the Antibacterial Effect of *Teucrium polium* L. on *Escherichia coli* in Turkey Breast Meat

Kimia Sahba[1], Nafiseh Zamindar[1*], Hamid Azizi Malekabadi[2]

[1] Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Water, Food, and Nutraceuticals, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran

[2] Department of Medical Bsic Scieces, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Received Date:2025.12.03 Accepted Date:2026.04.19

Abstract

Turkey breast meat holds a prominent position in healthy diets due to its high biological value protein, low fat content and rich micronutrient profile. However, its high water activity and near-neutral pH make it highly susceptible to rapid proliferation of spoilage and pathogenic microorganisms, particularly *Escherichia coli*. The present study aimed to evaluate the antibacterial efficacy of *Teucrium polium* L. essential oil as a natural preservative against *Escherichia coli* in turkey breast meat and to assess its potential for extending microbiological shelf life. Fresh samples were divided into three groups: untreated control, base marinade (3% NaCl + 0.5% lactic acid), and base marinade enriched with 800 ppm *Teucrium polium* essential oil. After surface inoculation with *Escherichia coli*, bacterial counts were monitored over 48 h of refrigerated storage at 4 °C. In vitro antibacterial activity was determined by disk diffusion and well diffusion methods, while chemical composition was analyzed using GC-MS. The essential oil exhibited strong in vitro activity, producing the largest inhibition zone at 20 (µL/mL) among tested concentrations. α-Pinene and β-pinene, identified as the predominant constituents, exerted their bactericidal effect primarily by disrupting bacterial plasma membrane integrity. Nevertheless, no statistically significant differences ($p < 0.01$) in *Escherichia coli* counts were observed among treatments within the meat matrix during the 48h. These findings indicate that, despite the pronounced in vitro antibacterial potential of *Teucrium polium* L. essential oil, achieving significant microbial reduction in real food systems requires optimization of concentration, contact time, application method, and implementation of advanced controlled-release technologies.

Keywords: Antibacterial effect, *Escherichia coli*, Natural preservative, *Teucrium polium* essential oil, Turkey meat

* n.zamindar@iau.ac.ir

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

Investigation of the Antibacterial Effect of *Teucrium polium* L. on *Escherichia coli* in Turkey Breast Meat

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Turkey meat consumption has surged globally due to its superior nutritional attributes: high-quality protein approximately (24 g/100 g), extremely lowfat content (<2%) in breast cuts, favorable polyunsaturated-to-saturated fatty acid ratio, and abundant micronutrients including selenium, zinc, and B-complex vitamins. These characteristics position turkey breast as a preferred choice for health-conscious consumers and diet-specific products. Nevertheless, its high moisture content and water activity, and pH range of 5.9–6.3 create optimal conditions for rapid microbial proliferation immediately after slaughter. Among contaminants, *Escherichia coli* serves not only as a key hygienic process indicator but also includes highly dangerous pathotypes (e.g., enterohemorrhagic E. coli O157:H7) capable of causing hemolytic uremic syndrome. The combination of growing antimicrobial resistance, stricter regulatory limits on synthetic preservatives, and strong consumer demand for "natural" and "clean-label" foods has stimulated intensive screening of plant-derived antimicrobials. Essential oils from the Lamiaceae family consistently demonstrate the strongest and broadest activity profiles. *Teucrium polium* L. locally known as "Kalpooreh" is a perennial aromatic shrub widely distributed across the Mediterranean basin, Southwest Asia, and the Middle East. For centuries, it has been used in traditional medicine for its antidiabetic, antispasmodic, anti-inflammatory, diaphoretic, and antimicrobial effects. Numerous in vitro studies have confirmed that its essential oil, rich in monoterpene hydrocarbons, exhibits potent antibacterial, antifungal, antiviral, and antioxidant properties. Despite this promising background, very limited data exist on its application in real food matrices, especially muscle foods. The present study was therefore undertaken to (1) fully characterize the chemical composition and in vitro anti- *Escherichia coli* activity of *Teucrium polium* L. essential oil collected from southern Iran, and (2) evaluate its practical efficacy when incorporated at a sensory-acceptable concentration (800 ppm) into an acidic-salt marinade system for fresh turkey breast meat during short-term refrigerated storage.

Materials and Methods: Fresh boneless, skinless turkey breast fillets were acquired from a federally inspected processing plant within 6 h post-mortem, transported at 0–4 °C, trimmed. *Teucrium polium* L. flowering aerial parts were harvested at peak blooming from wild populations in Fars Province, shade-dried at 35 °C for 7 days, and hydro distilled for 4 h yield. The resulting pale-yellow oil was dehydrated over anhydrous Na_2SO_4 and stored protected from light. GC-FID and GC-MS analyses identified 46 compounds representing 99.1% of the oil. Dominant constituents were α-pinene (22.75%), β-pinene (7.72%), Germacrene D (2.29%), β-Myrcene (3.22%) and Caryophyllene E (3.5%). Three experimental groups were designed: (1) untreated control, (2) base marinade (distilled water + 3% NaCl + 0.5% lactic acid, final pH 4.1), (3) base marinade enriched with 800 ppm *Teucrium polium* L. essential oil (EO800). Samples were surface-inoculated with *Escherichia coli* to achieve approximately 6.2 log CFU/g, marinated for 30 min at 4 °C with constant agitation meat-to-marinade ratio (1:3), drained, and stored at 4 ± 1 °C for 48 h. Microbiological analyses were performed at 48 h by enumerating typical colonies on EMB agar after 24 h incubation at 37 °C. Parallel in vitro tests included disk diffusion (10, 15, 20 µL/disk), agar well diffusion, and well broth microdilution for Minimum inhibitory concentration (MIC) and Minimum bactericidal concentration (MBC) determination. All experiments were conducted in triplicate. Data were statistically analyzed using SPSS with one-way ANOVA and LSD test at ($p < 0.01$).

Results: In vitro assays confirmed exceptional activity: the largest inhibition zone was 28.8 ± 1.0 mm at 20 µL/disk (statistically superior to ciprofloxacin 25.0 ± 0.8 mm). (MIC) and (MBC) values were 0.39 µL/mL and 0.78 µL/mL, respectively. In the turkey breast system, however, no statistically significant differences ($p > 0.01$) were detected among treatments at any time point. At 48 h, counts reached 8.44 ± 0.30 log CFU/g (control), 8.11 ± 0.36 log CFU/g (base marinade), and 7.91 ± 0.43 log CFU/g (EO800), corresponding to only a 0.53 log numerical but non-significant reduction in the essential-oil group.

Conclusion: *Teucrium polium* L. essential oil is a powerful natural bactericide against *E. coli* in vitro, driven primarily by its high α-pinene and β-pinene content that irreversibly damages cytoplasmic membranes. Regrettably, when applied at 800 ppm through conventional 30-min marination, its effectiveness was drastically curtailed by strong interactions with meat proteins and lipids, limited penetration depth, reduced volatility at refrigeration temperature, and possible partial inactivation by food components. These results reinforce the well-documented "in vitro vs. in-food" efficacy gap typical of essential oils. To overcome these barriers and unlock commercial potential, future investigations should prioritize advanced delivery systems (nano emulsions, liposomes, cyclodextrin inclusion complexes, or active edible films), synergistic combinations with other natural antimicrobials or mild physical treatments, higher concentrations balanced by rigorous sensory testing, and extended challenge studies incorporating natural microflora, lipid oxidation parameters, and realistic temperature-abuse scenarios. With targeted formulation improvements, *Teucrium polium* L. essential oil could become a valuable clean-label tool for enhancing microbiological safety and extending the shelf life of fresh and minimally processed turkey products.

.

.

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

بررسی اثرضدباکتریایی چزکوهی (*Teucrium Polium* L.) بر *اشرشیاکلای* در گوشت سینه بوقلمون

کیمیا صهبا[۱]، **نفیسه زمین دار***[۱]، حمید عزیزی ملک آبادی[۲]

[۱] گروه علوم و صنایع غذایی؛ دانشکده کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندها؛ واحد اصفهان (خوراسگان)؛ دانشگاه آزاد اسلامی؛ اصفهان؛ ایران

[۲] گروه علوم پایه پزشکی، واحد اصفهان(خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۳۰

چکیده

گوشت سینه بوقلمون به‌دلیل دارا بودن پروتئین با ارزش بیولوژیکی بالا، محتوای چربی اندک و ریزمغذی‌ها جایگاه ویژه‌ای در رژیم‌های غذایی سالم دارد؛ با این وجود، فعالیت آبی بالا و pH نزدیک به خنثی آن را به بستری مستعد برای رشد سریع میکروارگانیسم‌های فسادزا و بیماری‌زا به‌ویژه *اشریشیا کلی* تبدیل کرده است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر ضدباکتریایی اسانس چزکوهی (*Teucrium polium* L.) به عنوان یک نگهدارنده طبیعی بر جمعیت *اشریشیا کلی* در گوشت سینه بوقلمون و ارزیابی پتانسیل آن در افزایش ماندگاری میکروبی محصول بود. نمونه‌ها به سه گروه تقسیم شدند: شاهد (بدون تیمار)، مارینات پایه (حاوی ۳٪ کلرید سدیم و ۰.۵٪ اسید لاکتیک) و مارینات پایه غنی‌شده با ۸۰۰ ppm اسانس چزکوهی. پس از آلوده‌سازی سطحی با *اشریشیا کلی*، شمارش باکتری طی ۴۸ ساعت نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس انجام شد. فعالیت ضدمیکروبی اسانس به‌روش‌های انتشار از دیسک و چاهک و ترکیبات شیمیایی آن به‌کمک GC-MS بررسی گردید. نتایج نشان داد اسانس چزکوهی فعالیت ضدباکتریایی قوی داشته و بزرگ‌ترین قطر هاله عدم رشد در غلظت ۲۰ µL/mL مشاهده شد؛ α-پینن و β-پینن به‌عنوان اجزای اصلی، با اختلال در یکپارچگی غشای پلاسمایی باکتری اثر خود را اعمال می‌کنند. با وجود این در ماتریکس واقعی گوشت و طی دوره ۴۸ ساعته، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها ($p < ۰.۰۱$) به‌دست نیامد. در نتیجه، علی‌رغم پتانسیل بالای ضدمیکروبی اسانس چزکوهی، دستیابی به اثر قابل توجه در سیستم غذایی نیازمند بهینه‌سازی غلظت، زمان تماس، روش کاربرد و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین ورهایش کنترل‌شده است.

واژگان کلیدی: اثر ضدباکتریایی، اسانس چزکوهی، *اشریشیا کلی*، گوشت بوقلمون، نگهدارنده طبیعی.

* n.zamindar@iau.ac.ir

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

مقدمه

گوشت به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع پروتئین، نقش کلیدی در تأمین نیازهای تغذیه‌ای بدن، رشد و حفظ سلامتی ایفا می‌کند و از ارزش غذایی بسیار بالایی برخوردار است (۱). مصرف گوشت سفید در سال‌های اخیر نسبت به گوشت قرمز رشد چشمگیری داشته است. عوامل مؤثر در این روند شامل قیمت مناسب، افزایش تولید و ارزش تغذیه‌ای برتر گوشت سفید هستند (۳,۲).

در میان انواع گوشت سفید، گوشت بوقلمون با بالاترین ظرفیت نگهداری آب و کمترین میزان خونابه خروجی شناخته می‌شود .با این حال شیوع بیماری‌های منتقله از غذا همچنان یکی از دغدغه‌های اصلی مقامات بهداشتی، صنعت غذا و جامعه به‌شمار می‌رود. *اشرشیاکلای* (*Escherichia coli*)به‌عنوان یک پاتوژن مهم عامل طغیان‌های متعدد در دهه‌های اخیر بوده و با محصولات آماده مصرف نظیر گوشت، ماهی، لبنیات و سبزیجات مرتبط است. مصرف غذای آلوده به این باکتری می‌تواند منجر به اسهال آبکی، استفراغ، اسهال مزمن و در موارد شدید کولیت هموراژیک، نارسایی کلیوی و سندرم اورمیک همولیتیک شود (۴).

اسانس‌های گیاهی[1] (EOs) ترکیباتی طبیعی با طیف وسیع فعالیت ضدمیکروبی و ضدفسادی هستند که به‌طور کلی به‌عنوان ایمن (GRAS) طبقه‌بندی می‌شوند. این ترکیبات که در متابولیسم ثانویه گیاهان سنتز می‌شوند عمدتاً شامل مخلوطی پیچیده از ترپن‌ها[2]، سسکوئی‌ترپن‌ها[3]، پلی‌فنول‌ها[4]، لاکتون‌ها[5]، استرها[6]، الکل‌ها و سایر ترکیبات فرار معطر هستند (۵). اثرات ضدمیکروبی متابولیت‌های ثانویه گیاهی از جمله اسانس‌ها به‌خوبی مورد مطالعه قرارگرفته و از آن‌ها برای مهار رشد باکتری‌ها و کپک‌های آلوده‌کننده مواد غذایی و افزایش ماندگاری محصولات فرآوری‌شده استفاده می‌شود (۶).

چزکوهی(*Teucrium polium* L.) گیاهی معطر از خانواده نعناعیان(Lamiaceae) ، زیرخانواده(Ajugoideae) در مناطق کم‌حاصل، سواحل سنگلاخی و ماسه‌ای اروپا، مدیترانه، شمال آفریقا و جنوب غربی آسیا از جمله ایران به‌ویژه خراسان به‌صورت خودرو رویش دارد. این گیاه دارویی از دیرباز در طب سنتی برای درمان اختلالات گوارشی، التهاب، دیابت و روماتیسم کاربرد داشته است (۷).

حفظ کیفیت ارگانولپتیکی، بهداشتی و ایمنی محصولات کشاورزی و غذایی چالشی اساسی برای صنایع مرتبط به‌شمار می‌رود. در این راستا اسانس‌های گیاهی به‌عنوان جایگزینی طبیعی برای آفت‌کش‌های شیمیایی و افزودنی‌های مصنوعی در کنترل پاتوژن‌های گیاهی و نگهداری مواد غذایی مورد توجه فزاینده‌ای قرار گرفته‌اند (۸). افزودنی‌های مصنوعی ضمن افزایش ماندگاری می‌توانند عوارض جانبی بر سلامت مصرف‌کننده داشته باشند. در مقابل عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی به‌عنوان عوامل آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی طبیعی راه‌حلی ایمن و مطلوب برای پاسخ به تقاضای روبه‌رشد مصرف‌کنندگان ارائه می‌دهند (۸).

گونه‌های مختلف جنس *Teucrium*، به‌ویژه *T. polium*، *T. montanum*و *T. chamaedrys* در اروپا و آسیا از محبوبیت بالایی برخوردارند و در طب سنتی، داروسازی و صنایع غذایی به‌عنوان ادویه و نوشیدنی‌های تلخ به‌کار می‌روند. این گیاهان در درمان اختلالات گوارشی و تنفسی، آبسه، نقرس و التهاب چشم مؤثر بوده و دارای خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی و ضددیابتی هستند. همچنین نقش آن‌ها در تقویت متابولیسم چربی و کاهش سلولیت نیز گزارش شده است (۹).

هدف این مطالعه بررسی اثرات ضدمیکروبی اسانس چزکوهی (*Teucrium polium* L.) بر کنترل *Escherichia*

[1] Essential Oil
[2] Terpene
[3] Sesquiterpene
[4] Polyphenol
[5] Lactone
[6] Esther

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

coli در گوشت بوقلمون با رویکرد جایگزینی طبیعی افزودنی‌های مصنوعی بود.

مواد و روش‌ها

اسانس گیری از گیاه چزکوهی

اندام‌های هوایی گیاه چزکوهی (*Teucrium polium* L.) در مرحله گل‌دهی (خرداد ۱۴۰۱) از منطقه الشتر استان لرستان جمع‌آوری شد. پس از خشک شدن در سایه و آسیاب پودر گیاه به روش هیدرودیستیلیشن[1] با دستگاه کلونجر و نسبت پودر به آب مقطر ≈ ۱:۶) استخراج گردید. بالن دستگاه تا نیمه با آب مقطر پر شد و با روشن کردن شوف، بخار آب به درون ماده گیاهی نفوذ کرد، اسانس را استخراج نمود و به سمت کندانسور[2] هدایت شد. مخلوط بخار در تماس با آب سرد کندانس گردید و در محفظه جمع‌آوری اسانس به‌دلیل چگالی کمتر از آب روی سطح آب شناور شد و با سرنگ برداشت گردید. اسانس خام با سولفات سدیم آب‌گیری و از فیلتر 0/45 میکرومتری عبور داده شد. در نهایت اسانس در ویال شیشه‌ای تیره و غیرقابل نفوذ در دمای ۴ درجه سلسیوس تا زمان آنالیز نگهداری شد (۱۲-۱۰).

آنالیز اسانس چزکوهی

ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه چزکوهی (*Teucrium polium* L.) با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی-طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) شناسایی و کمی‌سازی شد (۱۰). پیش از تزریق، اسانس با سولفات سدیم آب‌گیری و در هگزان خالص رقیق گردید. شناسایی ترکیبات از طریق مقایسه زمان بازداری با مواد استاندارد انجام شد. درصد نسبی اجزا با روش نرمال‌سازی سطح زیر پیک محاسبه گردید.

تعیین حداقل غلظت بازدارندگی اسانس به روش چاهک و دیسک

روش انتشار دیسک

برای بررسی فعالیت ضدمیکروبی اسانس چزکوهی با توجه به شکل(۱) ابتدا 0/1 میلی‌لیتر سوسپانسیون باکتریایی *Escherichia coli* معادل استاندارد 0/5 مک‌فارلند (10^8 ×۱۹۰۷CFU/mL McFarland,1/5) با سوآپ استریل به‌صورت کشت سطحی کامل روی آگار مولر-هینتون پخش و ۱ دقیقه باقی ماند؛ سپس اسانس در ۱۰٪DMSO (v/v) حل و با رقت‌سازی سریالی به غلظت‌های 2/5، 1/25، 0/625، 0/312 و 0/156 میکرولیتر بر میلی‌لیتر رسید؛ از هر غلظت ۲۰ میکرولیتر روی دیسک‌های استریل (قطر ۶ میلی‌متر) بارگذاری شد (کنترل منفی: ۱۰٪DMSO؛ کنترل مثبت: آموکسی‌سیلین)، دیسک‌ها پس از ۱ ساعت خشک شدن در نقاط علامت‌گذاری‌شده پلیت قرار گرفتند و پلیت‌ها ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه سلسیوس گرمخانه گذاری شدند؛ در نهایت قطر هاله عدم رشد (میلی‌متر) اندازه‌گیری شد (۱۴،۱۳).

روش چاهک

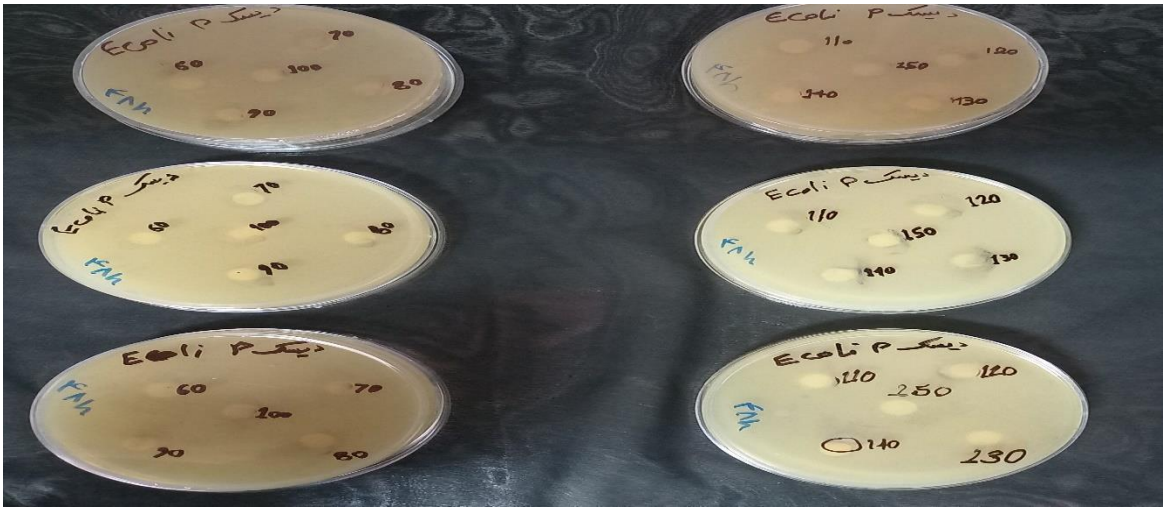
برای بررسی فعالیت ضدمیکروبی اسانس چزکوهی با توجه به شکل(2) ابتدا 0/1 میلی‌لیتر سوسپانسیون باکتریایی Escherichia coli معادل ۰/۵ مک‌فارلند (10^8 CFU/mL ×McFarland,1/5) با سوآپ پنبه‌ای استریل به‌صورت کشت سطحی کامل روی پلیت‌های آگار مولر-هینتون پخش و ۱ دقیقه در دمای اتاق باقی ماند. سپس با پیپت‌پاستور استریل خنک‌شده، ۶ چاهک (قطر ۶ میلی‌متر) در نقاط علامت‌گذاری‌شده (فاصله حداقل ۲ سانتی‌متر از لبه و چاهک‌های مجاور) ایجاد و پیپت قبل/بعد هر مرحله با الکل ۷۰٪ و شعله استریل شد. اسانس استریل در ۱۰٪DMSO (v/v)حل گردید؛ ابتدا ۵ میکرولیتر اسانس در ۱ میلی‌لیتر DMSO مخلوط و با شیکر همگن شد، سپس رقت‌سازی سریالی (۱:۲) تا غلظت‌های نهایی 2/5، 1/25، 0/625، 0/312 و 0/156 میکرولیتر بر میلی‌لیتر انجام و ۱ میلی‌لیتر از آخرین لوله دور ریخته شد. از هر غلظت، ۲۰ میکرولیتر با سمپلر استریل به چاهک‌ها منتقل گردید (کنترل منفی:۲۰ میکرولیتر ۱۰٪DMSO؛ کنترل مثبت: دیسک آموکسی‌سیلین). پلیت‌ها ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه سلسیوس گرمخانه گذاری و قطر هاله عدم رشد (میلی‌متر) اندازه‌گیری شد. اسانس چز

[1] Hydrodistillation

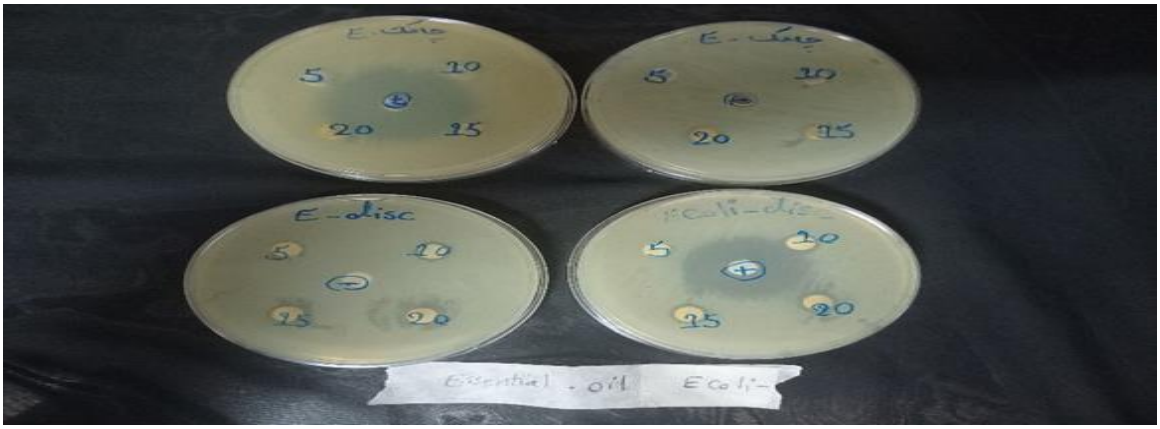
[2] Condensor

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

کوهی ضعیف‌تر از اسانس‌های خیلی قوی است بنابراین نیاز به غلظت اولیه بالاتر ۲.۵ (µl/mL) دارد تا اثر قابل‌اندازه‌گیری مشاهده شود. MIC گزارش‌شده اغلب زیر ۲–۳ µl/mL است که با این رقت‌هاً در غلظت‌های ۰.۳۱۲–۱.۲۵ µl/mL هاله قوی و در غلظت‌های پایین‌تر (۰.۱۵۶) هاله ضعیف تشکیل می‌شود که دامنه مناسبی برای مشاهده روند تشکیل هاله می باشد. اگر غلظت‌ها خیلی پایین‌تر انتخاب می‌شد مثلاً شروع از ۰.۵(µl/mL)، ممکن بود هیچ هاله‌ای دیده نشود؛ اگر خیلی بالاتر مثلاً ۱۰(µl/mL) شروع شود، تفاوت هاله‌ها کمتر قابل‌تمایز می‌شد. این انتخاب کاملاً منطبق با مطالعات قبلی روی همین گیاه است و برای مقایسه فعالیت ضدباکتریایی اسانس چز کوهی مناسب است (۱۳،۱۴).



شکل ۱- نمایش تصویر روش دیسک



شکل ۲- نمایش تصویر روش چاهک

روش تهیه محلول مارینادو تلقیح باکتری ها به آن

گوشت سینه بوقلمون تازه بدون پوست و استخوان از تولید کننده خریداری و به آزمایشگاه (۴ درجه سلسیوس) منتقل شد. فیله‌های تهیه‌شده فاقد ترشح خون قابل مشاهده یا کبودی بودند. برای هر تیمار ۲۰۰ گرم گوشت به قطعات ۱۰گرمی تقسیم شدند (۱۷–۱۵). محلول مارینادو از پایه اصلی آب

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

تشکیل شد که ۳ درصد نمک کلرید سدیم (دکتر مجللی ،ایران) و۰.۵ درصد اسید لاکتیک (مرک، آلمان) به آن افزوده شد. این محلول‌ها قبل از اضافه شدن به گوشت به دمای ۴ درجه سلسیوس می‌رسند تا با آن هم دما شوند (۱۸،۱۹).

تیمارهای استفاده شده در این پژوهش عبارت بودند از :

T_1: گوشت به اضافه ی محلول مارینا‌د

T_2: گوشت به اضافه ی محلول مارینا‌د و ۸۰۰ پی پی ام اسانس چز کوهی

نسبت گوشت به محلول مارینا‌د(۱:۳) انتخاب شد. گوشت های آماده شده را درون کیسه های زیپ داراستریل قرارداده و محلول های مارینا‌د با دو تیمار فوق به کیسه های شامل تکه های گوشت اضافه شد. به هر دو محلول مارینا‌د (cfu/ml) 10^7 اشرشیاکلای اضافه شد. برای توزیع اسانس در محلول مارینا‌د از دی متیل سولفوکساید[1]با نسبت ۱:۱ به اسانس استفاده شد. مارینا‌د کردن گوشت درون ظروف پلاستیکی استریل به روش غوطه وری همراه با هم زدن به مدت ۲ ساعت در دمای ۴ درجه سلسیوس انجام شد. سپس گوشت برای مراحل بعدی و انجام آزمون ها درون کیسه ی پلاستیکی استریل به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد (۲۱،۲۰).

تحلیل آماری داده ها

تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد تا اثرات اصلی غلظت اسانس چز کوهی در سه سطح، روش اندازه‌گیری فعالیت ضدمیکروبی (انتشار از دیسک در مقابل انتشار از چاهک) و تعامل این دو عامل بر قطر هاله عدم رشد علیه باکتری *اشرشیاکلای* ارزیابی گردد؛ همچنین، تأثیر محلول مارینا‌د حاوی اسانس بر کاهش تعداد باکتری *اشرشیاکلای* در بافت گوشت سینه بوقلمون طی دوره نگهداری ۴۸ ساعته با طرح کاملاً تصادفی بررسی شد. قطر هاله ی عدم رشد *باکتری اشرشیاکلای* در غلظت های مختلف اسانس و در غلظت ۵ میکروگرم در میلی لیتر آنتی بیوتیک سفیکسیم[2] هاله مهار رشد باکتری اشرشیاکلای به روش چاهک پلیت و دیسک با کولیس بر حسب میلی‌متر اندازه گیری شد. برای آنالیز واریانس از نرم‌افزار SAS[3] وبرای مقایسات میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

نتایج کروماتوگرافی گازی (GC)[4]

اجزای اسانس به‌وسیله گازکروماتوگرافی جدول (۱) شناسایی شد. با توجه به جدول (۱) بیشترین و اصلی ترین ترکیبات شناسایی شده از گیاه چزکوهی توسط سیستم گازکروماتوگرافی شناسایی شده است. با توجه به جدول (1) ترکیبات آلفا پینن[5]، بتاپینن[6]، پینوکاروئول[7] و وربنون[8] به ترتیب دارای بیشترین درصد از جز کل ترکیبات را به خود اختصاص دادند و با درصدهای مختلف از اسانس چزکوهی استخراج شد و همگی دارای خاصیت ضد میکروبی بود. به نظر می‌رسد بیشترین خاصیت ضد میکروبی ترکیبات ترپن به ویژه آلفاپینن، بتاپینن و پینوکاروئول است که بیشترین درصدترکیب شیمیایی رادارند. ممکن است در اسانس به دست آمده از اندام هوایی گیاه بعضی از ترکیبات درصد ناچیزی اختلاف داشته باشد. به طور مثال آلفاپینون یکی از مهم‌ترین ترکیبات موجود در اسانس بود که خاصیت ضد میکروبی نیز دارد و مقدار آن ۲۲.۷۵ گزارش شده‌است.

[1] Dimethyl suldoxide
[2] Cefixime
[3] Statical Analyzing System
[4] Gas Chromotography
[5] Alpha Pinene
[6] Beta Pinene
[7] Pinot Carveol
[8] Verbenon

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

جدول ۱- ترکیبات شناسایی شده توسط کروماتوگرافی گازی

نوع	ترکیبات	درصد	زمان بازداری	شماره
MH	alpha.-Pinene	22.75	11.61	۱
MH	verbenene	1.53	12.72	۲
MH	beta.-Pinene	7.72	13.95	۳
MH	beta.-Myrcene	3.22	14.51	۴
MH	alpha.Campholenal	1.26	21.95	۵
MH	Pinocarveol <trans->	6.33	22.66	۶
MH	Verbenol <trans->	5.26	22.89	۷
MO	p-Mentha-1,5-dien-8-ol	1.45	23.17	۸
MO	Pinocarvone	1.06	23.80	۹
MH	Cymen-8-ol<para>	1.08	25.10	۱۰
MH	Myrtenal	4.82	25.48	۱۱
MO	Verbenone	5.98	26.09	۱۲
MH	Carveol <trans->	1.72	26.57	۱۳
MO	Benzaldehyde, 4-(1-methylethyl)	2.19	27.83	۱۴
MO	Fenchyl acetate <endo->	1.52	29.40	۱۵
SH	Caryophyllene E	1.62	35.35	۱۶
SH	Germacrene D	2.29	37.98	۱۷
SH	Bicyclogermacrene	1.65	38.58	۱۸
SO	Spathulenol	3.25	42.01	۱۹
SO	Caryophyllene oxide	1.94	42.21	۲۰
SO	beta.-Eudesmol	1.92	45.07	۲۱
	Total Identified	91.55		
Monoterpene Hydrocarbons MH Oxygenated Monoterpenes MO Sesquiterpene Hydrocarbons SH Oxygenated Sesquiterpenes SO				

تاثیر اثر متقابل روش اندازه گیری (چاهک ، دیسک) با غلظت اسانس بر قطر هاله ی عدم رشد

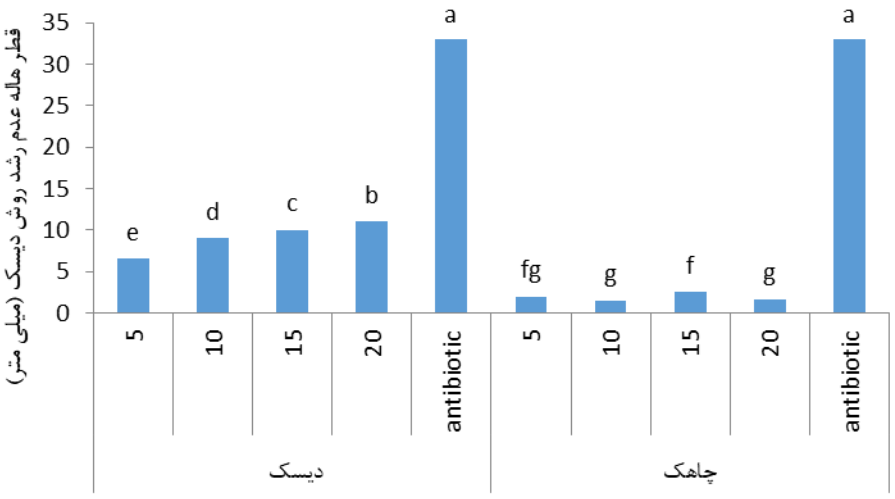
مطابق جدول (2) اثر غلظت اسانس و روش اندازه گیری قطر هاله ی عدم رشد و اثر متقابل این دو فاکتور بر اندازه قطر هاله عدم رشد معنی دار بود ($p<0.01$). با توجه به شکل (۳) نشان داد که میزان قطر هاله ی عدم رشد با روش اندازه گیری دیسک افزایش یافت. بیشترین میزان قطر هاله ی عدم رشد (روش اندازه گیری دیسک)در غلظت 20 میکرولیتر بر میلی لیتر مشاهده گردید. کمترین میزان قطر هاله ی عدم رشد در غلظت ۵ میکرولیتر بر میلی لیتر مشاهده شد. میزان قطر هاله ی عدم رشد درروش اندازه گیری چاهک کاهش یافت. بیشترین میزان قطر هاله ی عدم رشد (روش اندازه گیری چاهک)در غلظت ۱۵میکرولیتر بر میلی لیتر مشاهده گردید. کمترین میزان قطر هاله ی عدم رشد در غلظت ۲۰و۵ میکرولیتر بر میلی لیتر مشاهده شد. در غلظت های مشابه قطر

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

هاله در روش دیسک بزرگتراز روش چاهک است هرچه قطر هاله ی عدم رشد بزرگ تر خاصیت ضد میکروبی آن بیشتر می باشد و هرچه قطر هاله ی عدم رشد کوچک تر یا کم تر باشد خاصیت ضد میکروبی آن کم تر می باشد. باتوجه به نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین اثر غلظت اسانس برقطر هاله عدم رشد نشان داد تفاوت معنی داری بین همه ی تیمارها در سطح احتمال ($p<۰/۰۱$) مطابق آزمون LSD وجود داشت. با توجه به نتایج بدست آمده کمترین غلظت بازدارندگی MIC اسانس ۵ میکرولیتر بر میلی لیتر و کمترین غلظت کشندگی MBC اسانس ۲۰ میکرولیتر بر میلی لیتر است. در هر دو روش دیسک و چاهک با افزایش غلظت اسانس قطر هاله عدم رشد نیز افزایش یافته است.

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر روش اندازه گیری قطر هاله ی عدم رشد و غلظت اسانس برروشد میکروبی

منابع تغییر	درجه ازادی	مجموع مربعات	میانگین مجموع مربعات	F-test	p-Value
روش اندازه گیری	1	251.72	251.72**	1322.524	0
غلظت اسانس	4	3645.971	911.493**	4788.929	0
روش*غلظت	4	81.451	20.363**	106.9851	0
خطا	20	3.807	0.19		
ضریب تغییرات			3.96		



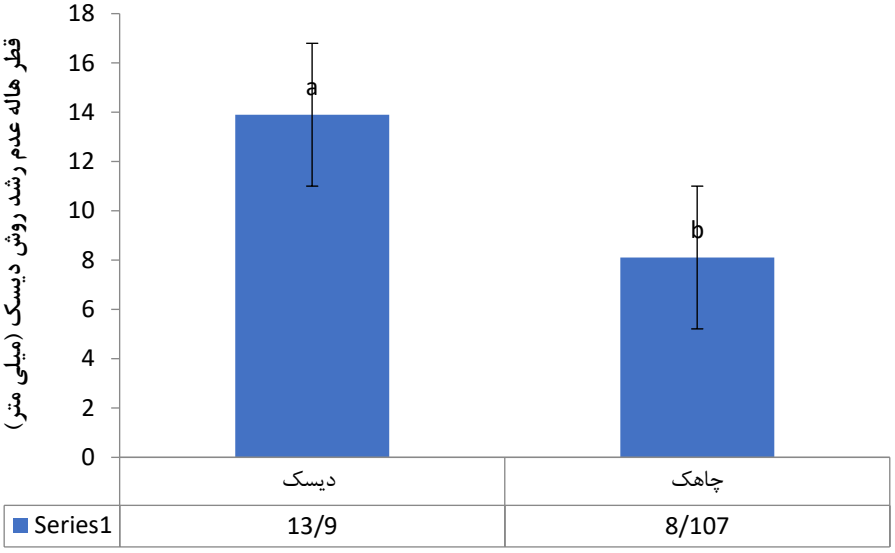
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل روش اندازه گیری و اثر غلظت اسانس برقطر هاله عدم رشد
ستونها با حروف انگلیسی غیر مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۱ در صد تفاوت معنی داری دارند

تاثیر روش اندازه گیری بر قطر هاله عدم رشد

همانطور که شکل(۴) نشان می دهد بین اندازه قطر هاله عدم رشد در دو روش اندازه گیری دیسک و چاهک تفاوت معنی داری وجود دارد ($p<0.01$). درروش دیسک اندازه‌ی قطر هاله بزرگ تر بوده علاوه بر این، چاهکی که با دی متیل سولفوکساید تلقیح شده بود هیچ هاله‌ی عدم رشدی تشکیل نداد و قطر هاله عدم رشد *سفیکسیم بر روی گوشت سینه* بوقلمون تلقیح شده *با* اشرشیاکلای ۳۰ میلی‌متر بود شکل(۴). با توجه به نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین روش اندازه گیری و اثر غلظت اسانس برقطر هاله عدم رشد نشان داد تفاوت معنی داری بین همه ی تیمارها در سطح احتمال (

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

(p<۰/۰۱) مطابق آزمون LSD وجود داشت .و بابررسی اثر متقابل روش اندازه گیری با غلظت اسانس تفاوت معنی داری بین تیمار ها مشاهده شد.

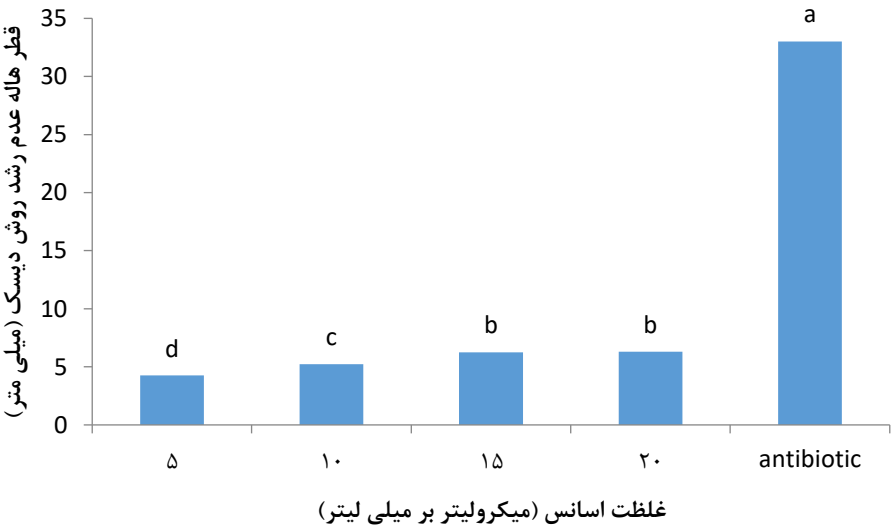


شکل٤- مقایسه میانگین روش اندازه گیری قطر هاله عدم رشد

ستونها با حروف انگلیسی غیر مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۱ در صد تفاوت معنی داری دارند

تاثیر اثر غلظت اسانس برقطر هاله عدم رشد

مطابق شکل(۵) با افزایش غلظت میزان قطر هاله‌ی عدم رشد افزایش پیدا کرده است و اختلاف معنی داری بین سطوح مختلف با غلظت اسانس چزکوهی در سطح (p<0.01) وجود دارد. بیشترین قطر هاله عدم رشد در غلظت ۲۰ میکرولیتر بر میلی لیتر مشاهده شد. کمترین میزان قطر هاله عدم رشد در غلظت۵ میکرولیتر بر میلی لیتر مشاهده شد.



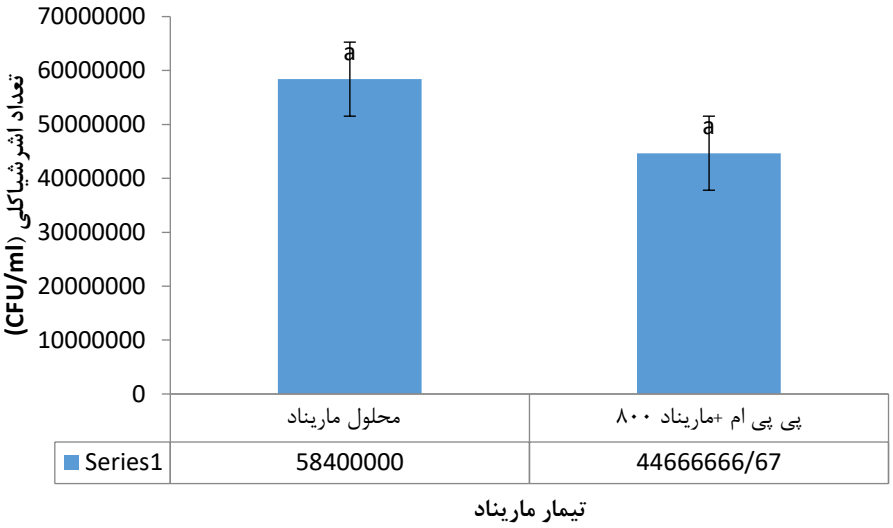
شکل ۵- مقایسه میانگین اثر غلظت اسانس برقطر هاله عدم رشد

ستونها با حروف انگلیسی غیر مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۱ در صد تفاوت معنی داری دارند

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

تاثیر تیمار مارینادبر تعداد اشرشیاکلای

با توجه به شکل (۶) نشان می دهد که محلول مارینادبر تعداد اشرشیاکلای اثرمعنی داری در سطح احتمال ($p<۰/۰۱$) مطابق آزمون LSD نداشت. میزان شمارش اشرشیاکلای در هر دو محلول مارینادنسبت به تلقیح اولیه کاهش داشته است ولی کاهش محلول مارینادبا محلول مارینادو اسانس طبق آزمون LSD تفاوت معنی داری نشان نداد ($p<۰/۰۱$). باافزایش میزان تیمار (محلول ماریناد) میزان رشد کم تر در واقع باعث افزایش کاهش شده اما کاهش معنی دار نبود و تفاوت معنی داری بین اثر تیمار (محلول مارینادبا شمارش باکتری *اشرشیاکلای* در سطح ($p<0.1$) مطابق ازمون LSD وجود ندارد.



شکل ٦- مقایسه میانگین تاثیر محلول مارینادبر شمارش اشرشیاکلای
ستونها با حروف انگلیسی غیر مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۱ در صد تفاوت معنی داری دارند

بحث و نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که اسانس گیاه چزکوهی فعالیت ضدمیکروبی مؤثری علیه *Escherichia coli* دارد و با افزودن آن در غلظت ۸۰۰ ppm به مارینادبار میکروبی این باکتری در گوشت سینه بوقلمون به‌طور معنی‌دار کاهش یافت ($p<0.05$) و ماندگاری محصول افزایش یافت در حالی که مارینادبه‌تنهایی تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد نداشت ($p>0.05$).این یافته‌ها با مطالعات پژوهشگران هم‌خوانی دارد. برای مثال، اسانس *T. polium subsp. gabesianum* جمع‌آوری‌شده از تونس، MIC بسیار پایینی برابر با ۰/۰۳۱ (mg/mL)و محدوده ۰/۰۳۱—۰/۱۵۶(mg/mL) علیه اشرشیاکلای نشان داد و به‌عنوان قوی‌ترین نمونه آنتی‌میکروبیال در میان نمونه‌های بررسی‌شده معرفی شد. ترکیبات اصلی این اسانس شامل بتاپینن (۳۵/۹۷٪) و آلفاپینن(۱۳/۳۲٪) بود که مسئول اختلال در غشای سلولی باکتری‌های گرم‌منفی هستند. این MIC بسیار پایین توضیح‌دهنده پتانسیل بالای اسانس در کاربردهای غذایی است هرچند در ماتریکس گوشت به دلیل تعامل با چربی و پروتئین، غلظت‌های بالاتر مانند ۸۰۰ ppm ۰/۸ (mg/mL) برای دستیابی به اثر مشابه لازم است (۲۲،۲۳).

در مطالعات ایرانی نیز فعالیت ضدمیکروبی اسانس چزکوهی علیه اشرشیاکلای تأیید شده است؛ برای نمونه، MIC حدود ۳/۷۵ (µl/mL) تقریباً معادل ۳/۷۵ (mg/mL) گزارش شد و هاله عدم رشد حدود ۹ (mm) مشاهده گردید. ترکیبات غالب شامل آلفاپینن ۹/۶۷٪، بتاکاروفیلن (۸/۰۷٪) و بتاپینن(۵/۰۴٪) بودند که نقش کلیدی در فعالیت ضدباکتریایی ایفا می‌کنند (۲۴).

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

در مطالعه‌های دیگر، MIC اسانس چزکوهی علیه *اشرشیاکلای* حدود ۱۲/۲۵ (mg/mL) گزارش شده اما در زیرگونه‌های غنی از پینن‌ها مانند نمونه تونسی یا الجزایری، فعالیت به‌طور قابل‌توجهی بالاتر MIC ۵–۳ (µl/mL) یا پایین‌تراست. در الجزایر شرقی، اسانس با ترکیبات germacrene D ٪۲۵/۸۱، bicyclogermacrene ٪۱۳ و β-pinene ٪۱۱/۶۹، MIC ۵–۳ (µl/mL) علیه اشرشیاکلای و دیگر باکتری‌ها نشان داد. در زمینه کاربرد اسانس‌های گیاهی به‌عنوان نگهدارنده طبیعی در محصولات گوشتی طیور، نتایج حاضر با تحقیقات مرتبط هم‌راستا است (۲۵،۲۶). اسانس چزکوهی در محصولاتی مانند کشک (محصول لبنی تخمیری) در غلظت‌های ۷۵ و ۱۵۰ (mg/L)، بار *اشرشیاکلای* O157:H7 را به میزان log ۱/۳–۰/۸ (CFU/g) کاهش داد و اثر سینرژیک با پروبیوتیک‌ها مانند (*Lactobacillus casei*)مشاهده شد (۲۷). همچنین اسانس‌های گیاهی مانند اورگانو، آویشن و ترکیب با چزکوهی در مارینا یا مستقیماً در گوشت مرغ/ بوقلمون، رشد(*Escherichia. Coli*، *Salmonella*و*Campylobacter*) را مهار کرده و ماندگاری را افزایش می‌دهند. برای مثال اسانس‌های حاوی کارواکرول و تیمول مشابه برخی*chemotype* های چزکوهی در سوسیس تازه بوقلمون، بار *اشرشیاکلای* را کاهش دادند و تشکیل آمین‌های بیوژنیک را مهار کردند (۲۸). با این حال اثربخشی در ماتریکس غذایی معمولاً کمتر از تست‌های in vitro است زیرا ترکیبات فعال با پروتئین‌ها و چربی‌ها تعامل می‌کنند و نیاز به غلظت بالاتر ایجاد می‌شود. این موضوع در کاربرد ۸۰۰ ppm در مطالعه حاضر منطقی است. مطالعات اخیر بر روی گوشت طیور نیز تأکید دارند که اسانس‌ها گزینه‌ای پایدار برای مقابله با مقاومت آنتی‌میکروبی در پاتوژن‌های گرم‌منفی مانند *اشرشیاکلای* هستند (۲۹).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این مطالعه، اسانس گیاه چزکوهی دارای فعالیت ضدمیکروبی مؤثری علیه *Escherichia coli* بوده و با کاهش بار میکروبی به افزایش ماندگاری گوشت منجر می‌شود در حالی که تیمارهای حاوی مارینا به‌تنهایی تفاوت آماری معناداری ($p>0.05$) با گروه شاهد نشان ندادند، افزودن اسانس در غلظت ۸۰۰ ppm تفاوت معنادار ($p<0.05$) ایجاد کرد. این اسانس می‌تواند به عنوان یک نگهدارنده طبیعی مؤثر مشروط بر تعیین دقیق دوز بهینه، استفاده کنترل‌شده در غلظت‌های پایین و بررسی پایداری در شرایط فرآوری به‌کار گرفته شود؛ این رویکرد نه‌تنها امکان جایگزینی نگهدارنده‌های شیمیایی را فراهم می‌آورد بلکه با تأکید بر ماهیت طبیعی محصول می‌تواند پذیرش مصرف‌کننده را ارتقا داده و به توسعه فرآورده‌های گوشتی ایمن‌تر و پایدارتر با کاهش ضایعات غذایی کمک کند. این نتایج پتانسیل اسانس چز کوهی را به‌عنوان نگهدارنده طبیعی در محصولات گوشتی تأیید می‌کند و با روند جهانی استفاده از اسانس‌های گیاهی برای کاهش بار میکروبی و جایگزینی نگهدارنده‌های شیمیایی هم‌راستاست.

منابع مالی

این مطالعه فاقد هرگونه حمایت مالی است.

تعارض در منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی مرتبط با این پژوهش گزارش نمی‌کنند.

سپاسگزاری

نویسندگان از حمایت‌های علمی و مشاوره‌های ارزشمند سرکار خانم مهندس نفیسه قاسمی کمال تشکر و قدردانی را دارند.

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

منابع

1. Woraprayote W, Malila Y, Sorapukdee S, Swetwiwathana A, Benjakul S, Visessanguan W. Bacteriocins from lactic acid bacteria and their applications in meat and meat products. Meat Science. 2016 Oct 1;120:118-32.
2. Awad H, Ali RM. A COMPARATIVE STUDY BETWEEN RED AND WHITE MEAT: A LITERATURE REVIEW. Mirror. 2023;2023:00122-1.
3. Basu S. The transitional dynamics of caloric ecosystems: Changes in the food supply around the world. Critical public health. 2015 May 27;25(3):248-64.
4. Ghaitaranpour A, Mohebbi M, Oleyaei SA. Effects of coating formulation on structural changes of Turkey nugget during frying: MRI evaluation. Journal of Future Foods. 2024 Jun 1;4(2):142-8.
5. Munekata, P. E., Pateiro, M., Rodríguez-Lázaro, D., Domínguez, R., Zhong, J., & Lorenzo, J. M. (2020). The role of essential oils against pathogenic Escherichia coli in food products. *Microorganisms*, *8*(6), 924.
6. Azizi M, Mashreghi M, Oroojalian F, Shahyahmasebi N. Antibacterial activities of Kelussia odoratissima and Teucrium polium essential oils in combination of synthetic silver nanoparticles against food-borne pathogens.
7. Mozaffarian V. A dictionary of Iranian plant names: Latin, English, Persian. Farhang Mo'aser; 1996.
8. Benali T, Habbadi K, Bouyahya A, Khabbach A, Marmouzi I, Aanniz T, Chtibi H, Mrabti HN, Achbani EH, Hammani K. Phytochemical analysis and study of antioxidant, anticandidal, and antibacterial activities of Teucrium polium subsp. polium and Micromeria graeca (Lamiaceae) essential oils from Northern Morocco. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2021;2021(1):6641720.
9. Stanković MS, Stefanović O, Čomić L, Topuzović M, Radojević I, Solujić S. Antimicrobial activity, total phenolic content and flavonoid concentrations of Teucrium species. Central European Journal of Biology. 2012 Aug;7(4):664-71.
10. Adams RP. Identification of essential oils components by gas chromatography mass spectroscopy. 4th. Allured Pubishing Corporation, Carol Stream, Illinois, USA. 2007.
11. Mahboubi M, Feizabadi MM, Khamechian T, Kazempour N, Zadeh MR, Sasani F, Bekhradi M. The effect of Oliveria decumbens and Pelargonium graveolens on healing of infected skin wounds in mice. World journal of plastic surgery. 2016 Sep;5(3):259.
12. Saharkhiz MJ, Zomorodian K, Taban A, Pakshir K, Heshmati K, Rahimi MJ. Chemical composition and antimicrobial activities of three satureja species against food-borne pathogens. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 2016 Nov 16;19(8):1984-92.
13. Motamedi H, Darabpour E, Gholipour M, Seyyednejad SM. Antibacterial effect of ethanolic and methanolic extracts of Plantago ovata and Oliveria decumbens endemic in Iran against some pathogenic bacteria. Int J Pharmacol. 2010 Mar 1;6(2):117-22.
14. M Pirali H. Chemical composition and antimicrobial activity of Oliveria decumbens volatile oil from west of Iran.
15. Ergezer H, Gokce R. Comparison of marinating with two different types of marinade on some quality and sensory characteristics of Turkey breast meat.
16. Yusop SM, O'Sullivan MG, Kerry JF, Kerry JP. Influence of processing method and holding time on the physical and sensory qualities of cooked marinated chicken breast fillets. LWT-Food Science and Technology. 2012 Apr 1;46(1):363-70.
17. Van Haute S, Raes K, Van Der Meeren P, Sampers I. The effect of cinnamon, oregano and thyme essential oils in marinade on the microbial shelf life of fish and meat products. Food Control. 2016 Oct 1;68:30-9.
18. Jafari F, Zamindar N, Goli M, Ghorbani Z. Effect of Ginger extract, citric Acid and ultrasound on physicochemical properties of Camel meat. Iranian food science and technology research journal. 2020 May 21;16(2):287-99.
19. Sajadizadeh H, Zamindar N, Esmaeili Y, Lorenzo JM, Pateiro M, Goksen G, Paidari S, Liu L, Doudi M. Antimicrobial activity of Oliveria decumbens vent. Essential oil and Ferula asa-foetida extract on Turkey breast meat: Antimicrobial activity of Oliveria decumbens vent. Essential oil and Ferula asa-foetida extract. Journal of Food Measurement and Characterization. 2024 Feb;18(2):1218-28.
20. Irajifar M, Varidi MJ, Varidi M, Zahedi Y. Effects of sodium chloride/acetic acid marinade on some quality properties of Iranian one-humped camel meat.

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

21. Mahmoudi R, Nosratpour S. Teucrium polium L. essential oil: phytochemiacl component and antioxidant properties. International food research Journal. 2013 Oct 1;20(4).
22. Ben Othman M, Bel Hadj Salah-Fatnassi K, Ncibi S, Elaissi A, Zourgui L. Antimicrobial activity of essential oil and aqueous and ethanol extracts of Teucrium polium L. subsp. gabesianum (LH) from Tunisia. Physiology and Molecular Biology of Plants. 2017 Jul;23(3):723-9.
23. Shojaee-Aliabadi S, Hosseini SM, Mirmoghtadaie L. Antimicrobial activity of essential oil. Essential oils in food processing: Chemistry, safety and applications. 2017 Nov 22:191-229.
24. Ghavam M, Markabi FS. Evaluation of yield, chemical profile, and antimicrobial activity of Teucrium polium L. essential oil used in Iranian folk medicine. Applied Biochemistry and Biotechnology. 2024 Sep;196(9):6134-50.
25. Belmekki N, Bendimerad N, Bekhechi C, Fernandez X. Chemical analysis and antimicrobial activity of Teucrium polium L. essential oil from Western Algeria. J Med Plants Res. 2013 May 8;7(14):897-902.
26. Lograda T, Ramdani M, Chalard P, Figueredo G, Deghar A. Chemical analysis and antimicrobial activity of Teucrium polium L. essential oil from eastern Algeria. Am J Adv Drug Deliv. 2014;2(6):697-710.
27. Sadrizadeh N, Khezri S, Dehghan P, Mahmoudi R. Antibacterial effect of Teucrium polium essential oil and Lactobacillus casei probiotic on Escherichia coli O157: H7 in Kishk. Applied Food Biotechnology. 2018 Jun 1;5(3):131-40.
28. Šojić B, Ikonić P, Kocić-Tanackov S, Peulić T, Teslić N, Županjac M, Lončarević I, Zeković Z, Popović M, Vidaković S, Pavlić B. Antibacterial activity of selected essential oils against foodborne pathogens and their application in fresh Turkey sausages. Antibiotics. 2023 Jan 16;12(1):182.
29. Kovačević Z, Čabarkapa I, Šarić L, Pajić M, Tomanić D, Kokić B, Božić DD. Natural solutions to antimicrobial resistance: The role of essential oils in poultry meat preservation with focus on Gram-Negative Bacteria. Foods. 2024 Dec 3;13(23):3905.

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