Animal Production Research

Vol. 11, No. 2, 2022 (43-55)
doi: 10.22124/AR.2022.20194.1639
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Microencapsulation of savory essential oil within alginate: Effect on performance, oxidative stability of meat, and intestinal microflora of broilers

F. Rahimpour[1], M. Mohiti-Asli[2]*, M. Mottaghitalab[3], A. Mohit[2]

1. Former MSc Student, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3. Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

(Received: 19-07-2021 – Accepted: 19-10-2021)

Introduction: Essential oils are volatile and concentrated liquids extracted from various parts of medicinal plants. In recent years, the use of essential oils in animal nutrition has gained interest as an alternative for antibiotic growth promoters. The main issue with using essential oils in poultry diets is the high volatility, which must be addressed by developing encapsulation techniques to preserve their efficacy. The purpose of the current experiment was to determine the effects of dietary supplementation of microencapsulated essential oil of *Satureja khuzistanica* on growth performance, oxidative stability of meat, and intestinal microflora of broilers.

Materials and methods: A total of 320 1-d-old Ross 308 chicks were studied in a completely randomized design with a 2×4 factorial arrangement of treatments. The factors were two administration forms of essential oils (free and microencapsulated) and four levels of dietary supplementation (0, 50, 100, and 150 mg/kg). The experiment consisted of eight treatments, four replicates, and 10 broilers per replicate. The essential oil of *Satureja khuzistanica* was microencapsulated using a 2% sodium alginate solution, which was mixed and homogenized before being transferred into a funnel and dropped into a beaker containing a 5% calcium chloride solution using a needle from a syringe. The beads were gently stirred for an hour to solidify. After one hour, the beads were filtered through a sieve and washed with distilled water. The beads were thoroughly rinsed before being air dried at 23 °C for 12 hours and kept in airtight containers. Body weight and feed consumption were monitored in pens weekly. From these data, average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI), and feed conversion ratio (FCR) were calculated weekly and throughout the entire rearing period. The European production efficiency factor (EEF) was also calculated for the whole rearing period. The minimum inhibitory concentration (MIC) of *Satureja khuzistanica* essential oil was determined by broth microdilution method for each of *Escherichia coli*, coliforms and lactobacillus bacteria. On day 42, two birds from each replicate were slaughtered and ileal samples were taken for microflora analysis. Total *Escherichia coli*, coliforms, and lactobacilli were enumerated in ileal digesta by the plate method using specific mediums. The thiobarbituric reactive substances (TBARS) assay was used to determine the oxidative lipid changes of the meat.

Results and discussion: The *in vitro* results demonstrated that the MIC of savory essential oil against gram-negative *Escherichia coli* and coliforms was higher (0.276) than its MIC for gram-positive lactobacillus bacteria (0.069). Throughout the *in vivo* study, the ADFI of broilers fed the diet with 150 mg/kg of essential oil was lower than the control (103.3 *vs*. 108.8; $P<0.05$). The ADG of broilers fed 100 mg essential oil/kg of diet was more than those fed 150 mg/kg (60.1 *vs*. 54.2; $P<0.05$). Broilers fed microencapsulated essential oil in their diet had a higher ($P<0.05$) EEF than those fed free essential oil. The addition of savory essential oil at 100 and 150 mg/kg of diet reduced ($P<0.05$) the lipid peroxidation in broilers meat stored for 60 and 90 days compared to the control. Lipid peroxidation of meat was lower ($P<0.05$) in broilers fed microencapsulated essential oil in the diet than those fed

* Corresponding author: mmohiti@guilan.ac.ir

free essential oils. The addition of savory essential oil at different levels of 50, 100, and 150 mg/kg diet reduced the count of coliforms in the ileum compared to the control (P<0.05). Moreover, the data indicated that the addition of the essential oil at 100 and 150 mg/kg diet reduced the number of *Escherichia coli* (P<0.05). The bacterial count of coliforms and *E. coli* was lower in broilers fed microencapsulated essential oil than those fed free essential oil.

Conclusions: The results of this study showed that supplementation of *Satureja khuzistanica* essential oil in the diet improved broilers' performance and intestinal microflora. Microencapsulation of savory essential oil with alginate improved broiler growth performance, EEF, and increased the antibacterial activity of the essential oil which resulted in a further decrease of pathogenic bacteria. According to the findings of this study, 100 mg of microencapsulated savory essential oil per kg of broilers' diet can be recommended due to its beneficial effects on performance, oxidative stability of meat, and intestinal microflora.

Keywords: Alginate, *Satureja khuzistanica* essential oil, Intestinal microflora, Broilers, Growth performance

Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of University of Guilan, Iran.

Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: The authors received no specific funding for this project.

How to cite this article:

Rahimpour F., Mohiti-Asli M., Mottaghitalab M. and Mohit A. 2022. Microencapsulation of savory essential oil within alginate: Effect on performance, oxidative stability of meat, and intestinal microflora of broilers. Animal Production Research, 11(2): 43-55. doi: 10.22124/AR.2022.20194.1639

تحقیقات تولیدات دامی

سال یازدهم/شماره دوم/تابستان ۱۴۰۱ (۵۵-۴۳)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

ریزپوشانی اسانس مرزه خوزستانی با آلژینات: اثر بر عملکرد رشد، پایداری اکسیداتیو گوشت و میکروفلور روده جوجه‌های گوشتی

فاطمه رحیم‌پور[۱]، مازیار محیطی‌اصلی[۲*]، مجید متقی‌طلب[۳]، اردشیر محیط[۲]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۸ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۷)

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی آثار افزودن اسانس ریزپوشانی شده مرزه خوزستانی در جیره بر عملکرد رشد، پایداری اکسیداتیو گوشت و میکروفلور روده جوجه‌های گوشتی انجام شد. تعداد ۳۲۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه راس ۳۰۸ با آرایش فاکتوریل ۲×۴ در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد آزمایش قرار گرفتند. عوامل آزمایش شامل دو نحوه فرآوری اسانس (آزاد و ریزپوشانی شده) و چهار سطح افزودن اسانس به جیره (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بودند. آزمایش شامل هشت تیمار، چهار تکرار و ۱۰ قطعه جوجه گوشتی در هر تکرار بود. میانگین خوراک مصرفی روزانه در کل دوره پرورش برای جوجه‌هایی که سطح ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس دریافت کردند کم‌تر از شاهد بود (۱۰۳/۳ در برابر ۱۰۸/۸، $P<۰/۰۵$). افزایش وزن روزانه در کل دوره پرورش برای سطح ۱۰۰ میلی‌گرم اسانس بیش‌تر از سطح ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (۶۰/۱ در برابر ۵۴/۲، $P<۰/۰۵$). جوجه‌هایی که با اسانس ریزپوشانی شده تغذیه شدند شاخص کارآیی اروپایی بالاتری از آنهایی که اسانس آزاد دریافت نمودند، داشتند ($P<۰/۰۵$). پراکسیداسیون چربی‌های گوشت در جوجه‌هایی که اسانس ریزپوشانی شده را در جیره دریافت نمودند از آن‌هایی که با اسانس آزاد تغذیه شدند، کم‌تر بود ($P<۰/۰۵$). شمار باکتری‌های کلی‌فرم و *اشریشیا کولای* در جوجه‌هایی که اسانس ریزپوشانی شده را در جیره دریافت کردند نسبت به آن‌هایی که با اسانس آزاد تغذیه شدند، پایین‌تر بود. نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن اسانس مرزه خوزستانی در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره سبب بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی و جمعیت میکروبی روده می‌شود و پوشش‌دار کردن اسانس سبب ارتقاء آثار آن می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آلژینات، اسانس مرزه خوزستانی، جمعیت میکروبی، جوجه‌های گوشتی، عملکرد رشد

* نویسندهٔ مسئول: mmohiti@guilan.ac.ir

doi: 10.22124/AR.2022.20194.1639

مقدمه

پس از منع مصرف آنتی‌بیوتیک‌های محرک رشد، محققان با انجام مطالعات متعدد تلاش نمودند تا افزودنی‌های خوراکی مناسبی را به عنوان جایگزین معرفی کنند. ترکیبات گیاهی امروزه در شرایط پرورش تجاری، برای افزایش عملکرد رشد به عنوان جایگزین آنتی‌بیوتیک مطرح هستند و به‌صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند (Williams and Losa, 2001). واژه فیتوژنیک به مواد گیاهی و مشتقات گیاهان اطلاق می‌شود که سبب از بین رفتن باکتری، قارچ و ویروس شده و خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند. از خواص دیگر آن‌ها می‌توان به بهبود عملکرد حیوان، خوش‌خوراکی جیره، بهبود سلامت دستگاه گوارش، تغییر جمعیت میکروبی روده و بهبود شرایط پرزهای روده اشاره نمود (Mohiti-Asli *et al*., 2010).

مرزه خوزستانی گیاهی معطر و چندساله است که در مناطق خشک، آفتابی و خاک‌های سنگلاخی و آهکی جنوب غرب ایران به‌صورت خودرو رشد می‌کند. این گیاه دارویی به‌طور انحصاری در ایران یافت می‌شود (Jamzad., 1994). میزان اسانس این گیاه بیش از ۴/۵ درصد است که بخش زیادی از آن را ترکیبات فنولیک، به ویژه کارواکرول، تشکیل می‌دهد (Farsam *et al*., 2004). همچنین، این گیاه دارای ترکیبات دیگری مانند فنول‌ها، فلاوونوئیدها، تری‌ترپنوئیدها، استروئیدها و تانن است (Moghaddam *et al*., 2007). ترکیبات اصلی اسانس مرزه خوزستانی شامل ۹۰ درصد کارواکرول و یک درصد اوژنول است که بخش جزئی از آن را P-سایمن (۰/۸ درصد) و تیمول (۰/۶ درصد) تشکیل می‌دهد (Farsam *et al*., 2004; Saadat *et al*., 2004; Rashidipour *et al*., 2016). مهم‌ترین ترکیب شیمیایی اسانس مرزه خوزستانی، کارواکرول است که دارای ویژگی‌های زیستی مهمی شامل اثر ضدعفونی‌کننده، فعالیت‌های ضدالتهابی، ضد درد، ضدباکتریایی، ضدقارچی و آنتی‌اکسیدان است (Nooshkam *et al*., 2017).

ترکیبات فرار اسانس‌های گیاهی به سرعت با اکسیژن واکنش می‌دهند که این امر دارای اثر منفی بر رنگ، بو و فعالیت زیستی آن‌ها است. از این رو، برای محافظت از ترکیبات ارزشمند زیست فعال گیاهی، روشی لازم است تا از آنها محافظت کند و همچنین حلالیت این ترکیبات در آب و زیست فراهمی آنها را در محیط روده افزایش دهد. برای این منظور، روش‌های مختلفی برای پوشش‌دار کردن این ترکیبات پیشنهاد شده است (Munin and Edwards, 2011). تکنیک ریزپوشانی یا کپسوله‌کردن مواد معطر، با محافظت از آن‌ها در برابر نور، حرارت و اکسیژن، سبب کاهش فرار بودن این مواد می‌شود (Rozmehr *et al*., 2018). لایه‌ها و پوشش‌های پلی‌ساکاریدی به عنوان روشی برای تثبیت کامل محصول، به دلیل آثار مثبت عملکردی و تغذیه‌ای، مورد توجه قرار گرفته است (Ariaii *et al*., 2013). این پوشش‌ها سبب جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌ها و همچنین محافظت این ترکیبات در معرض هوا می‌شود. آلژینات (نمک اسید آلژینیک) پلیمر اسید دی-مانورونیک و اسید ال-گالورونیک است (Song *et al*., 2011). آلژینات همانند نشاسته و سلولز، یک پلی‌ساکارید است و از جلبک‌های قهوه‌ای *phaeophycea* به‌دست می‌آید (Hamzeh and Rezaei, 2015). آلژینات خواص کلوئیدی بالایی دارد که ژل‌های محکم و پلیمرهای نامحلولی را از راه ایجاد پیوند با یون کلسیم پس از افزودن محلول کلرید کلسیم تشکیل می‌دهد (Song *et al*., 2011).

مطالعات اندکی در خصوص ریزپوشانی کردن اسانس‌های گیاهی و افزودن آنها به جیره جوجه‌های گوشتی و مقایسه آن با اسانس آزاد انجام شده است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی و مقایسه آثار افزودن اسانس آزاد و ریزپوشانی شده مرزه خوزستانی در جیره بر عملکرد رشد، پراکسیداسیون چربی‌های گوشت و میکروفلور روده جوجه-های گوشتی بود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۳۲۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه راس ۳۰۸ از جوجه‌کشی بهپرور در استان گیلان تهیه شد. در بدو ورود جوجه‌ها به سالن، وزن‌کشی انفرادی و تعیین جنسیت بر اساس سرعت رشد پرهای بال انجام شد. سالن با استفاده از قفس‌های فلزی در ابعاد ۱×۱ متر به ۳۲ بخش جداگانه تقسیم شد و جوجه‌های گوشتی روی بستری از تراشه‌های چوب به ضخامت چهار تا پنج سانتی‌متر که در روز اول با رول کاغذی پوشیده شده بود، مستقر شدند. جوجه‌ها بر اساس وزن اولیه و جنسیت به نسبت مساوی در واحدهای آزمایشی توزیع شدند. جوجه‌ها به مدت ۴۲ روز پرورش داده شدند و در تمام طول دوره پرورش، آب و خوراک به-صورت آزاد در اختیار آنها قرار داشت. برنامه واکسیناسیون

مطابق روش مرسوم در منطقه انجام شد. در کل دوره پرورش، ترکیبات جیره‌های غذایی پایه مورد استفاده بر اساس الگوی جدول‌های استاندارد احتیاجات غذایی جوجه-های گوشتی راس ۳۰۸ (Ross Broilers Manual, 2012) تهیه شد (جدول ۱). آزمایش با آرایش فاکتوریل ۴×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. عوامل آزمایش شامل دو نحوه فرآوری اسانس (آزاد و ریزپوشانی شده) و چهار سطح مختلف افزودن اسانس به جیره (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بودند. آزمایش شامل هشت تیمار، چهار تکرار و ۱۰ قطعه جوجه گوشتی در هر تکرار (پنج نر و پنج ماده) بود. اسانس گیاهی مورد استفاده در این تحقیق مربوط به مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica*) بود که به وسیله یکی از شرکت‌های تولیدکننده اسانس‌های گیاهی (شرکت طبیب دارو، کاشان) استخراج شده بود. تجزیه ترکیبات این اسانس که با گاز کروماتوگرافی جرمی اندازه‌گیری شده و به وسیله شرکت تولیدکننده اعلام شده بود در جدول ۲ نشان داده شده است.

جهت ریزپوشانی کردن اسانس مرزه خوزستانی مورد استفاده، ابتدا محلول هموژن آلژینات سدیم دو درصد تهیه شد. سپس ۳۰ گرم از محلول حاصل با ۱۰ گرم اسانس مرزه خوزستانی مخلوط شد. به دلیل شکننده بودن پوشش آلژینات سدیم، قبل از هموژن‌کردن، دو درصد گلیسرول به عنوان نرم‌کننده به محلول مورد نظر اضافه شد. سپس به آرامی محلول از ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری در کلرید کلسیم پنج درصد چکانده شد. پس از اضافه کردن گلیسرول در محلول مذکور، دانه‌های آلژینات اسانس از یک صافی عبور داده شد و آب‌کشی با استفاده از آب مقطر انجام شد و دانه‌ها روی کاغذ خشک شدند (Mersadi *et al*., 2019).

بررسی حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) اسانس مرزه خوزستانی برای هر کدام از باکتری‌های *اشریشیا کولای*، کلی‌فرم و لاکتوباسیلوس با استفاده از روش میکرودایلوشن مایع انجام شد (Wiegand *et al*., 2008). مقدار ۵۰ میکرولیتر محیط کشت MHB، ۵۰ میکرولیتر سوسپانسیون باکتری‌های مورد نظر و ۵۰ میکرولیتر از رقت‌های گوناگون اسانس در هر چاهک میکروپلیت ۹۶ خانه‌ای الایزا اضافه شد. میکروپلیت به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس انکوبه شد. چاهکی که کم‌ترین میزان رشد باکتری مشاهده شده را داشت به عنوان حداقل غلظت مهارکنندگی اسانس (MIC) در نظر گرفته شد.

وزن بدن پرنده‌ها، خوراک مصرفی و تلفات آن‌ها در پایان هر هفته اندازه‌گیری و ثبت شد. با استفاده از این داده‌ها، افزایش وزن روزانه (ADG)، خوراک مصرفی روزانه (ADFI) و ضریب تبدیل خوراک (FCR) به‌صورت هفتگی محاسبه شد. همچنین شاخص کارآیی اروپایی (EEF) برای کل دوره پرورش محاسبه شد. در پایان دوره، دو قطعه جوجه از هر تکرار با وزن تقریبی نزدیک به میانگین وزنی هر قفس انتخاب شد و بعد از شماره‌گذاری پا و ثبت وزن زنده، ذبح شدند و بلافاصله پرکنی و تفکیک لاشه انجام شد.

به منظور تعیین پایداری اکسیداتیو لیپیدهای گوشت، مواد واکنش‌دهنده با اسید تیوباربیتوریک اندازه‌گیری شدند. این آزمایش با میزان جذب نوری کمپلکس صورتی رنگ حاصل از واکنش مالون دی‌آلدئید با اسید تیوباربیتوریک استوار است (Botsoglou *et al*., 1994). برای هموژن کردن نمونه-ها، دو گرم از نمونه گوشت ران چپ مرغ که به مدت ۶۰ و ۹۰ روز در فریزر ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شده بود، یخ‌گشایی شده و با هشت میلی‌لیتر محلول پنج درصد اسید تری‌کلرواستیک و پنج میلی‌لیتر محلول ۰/۸ درصد هیدروکسی تولوئن بوتیله مخلوط شد و سپس سانتریفیوژ شد. پس از این مرحله، ۲/۵ میلی‌لیتر از لایه پایینی با ۱/۵ میلی‌لیتر از محلول ۰/۸ درصد اسید تیوباربیتوریک، مخلوط شد. سپس میزان جذب کمپلکس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Biochrom Libra S22, UK) و در دو طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر خوانده شد (Botsoglou *et al*., 1994).

در روز ۴۲ پرورش از هر تکرار، دو قطعه جوجه گوشتی برای بررسی اثر اسانس بر جمعیت میکروبی ایلئوم جوجه-های گوشتی کشتار شد. پس از باز کردن لاشه، ایلئوم (ناحیه‌ای از روده که حد فاصل زائده مکل تا محل اتصال سکوم‌ها است) با قیچی استریل از بخش‌های دیگر روده جدا شد و حدود دو گرم از محتویات این بخش داخل میکروتیوب‌های استریل تخلیه شد. یک گرم نمونه ایلئوم هر پرنده در لوله آزمایش حاوی نه میلی‌لیتر بافر نمکی فسفات (PBS) ریخته شد و به مدت سه دقیقه ورتکس شد، سپس رقیق‌سازی تا 10^{-4} تکرار شد. برای زمان کشت نمونه‌ها، ۲۰۰ میکرولیتر از هر یک از سری‌های رقت 10^{-4}،

10^{-3} و 10^{-2} روی پلت‌های حاوی محیط کشت باکتری مورد نظر ریخته شد و با آنس در سطح محیط کشت پخش شد. سپس محیط‌های کشت کلی‌فرم‌ها (Mac Concky agar) و *اشرشیا کلی* (EMB) به انکوباتور منتقل شدند و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس انکوباسیون شدند. محیط کشت لاکتوباسیلوس (MRS) به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس و در شرایط بی‌هوازی، درون جار بی‌هوازی قرار گرفت. پس از انکوباسیون، تعداد کلنی‌ها شمارش شد. کلنی‌های مربوط به هر پلیت در فاکتور رقت (معکوس ضریب رقت) ضرب و به عنوان شمار CFU در یک گرم نمونه منظور شد و در نهایت، داده‌های CFU به شکل Log10 گزارش شدند.

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه در دوره‌های آغازین (۰-۱۰ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی)

Table 1. Ingredients and chemical composition of the basal diet during starter (0-10 d), grower (11- 24 d), and finisher (25-42 d) periods

Ingredients (%)	Starter (0-10 d)	Grower (11-24 d)	Finisher (25-42 d)	Calculated analysis	Starter (0-10 d)	Grower (11-24 d)	Finisher (25-42 d)
Corn grain	54.04	57.72	62.66	Metabolizable energy (kcal/kg)	2780	3000	3100
Soybean meal	39.08	35.23	30.02	Crude protein (%)	22	20.8	18.9
Soybean oil	2.33	2.92	3.52	Dig. Methionine (%)	0.63	0.57	0.52
Dicalcium phosphate	2.03	1.73	1.52	Dig. Met + Cys (%)	0.99	0.85	0.78
Calcium carbonate	1.04	0.92	0.85	Dig. Lysine (%)	1.34	1.13	1.00
Sodium chloride	0.23	0.29	0.28	Dig. Threonine (%)	0.82	0.75	0.67
Sodium bicarbonate	0.15	0.10	0.12	Dig. Arginine (%)	0.91	0.85	0.77
L-Lysine HCl 78%	0.21	0.18	0.17	Calcium(%)	0.96	0.87	0.78
DL-Methionine 99%	0.30	0.28	0.25	Available P (%)	0.48	0.44	0.39
L-Threonine 98%	0.09	0.08	0.07	Sodium (%)	0.15	0.16	0.16
Coccidiostat	0.00	0.05	0.05	Potasium (%)	0.91	0.88	0.79
Vitamin premix[1]	0.25	0.25	0.25	Chlorine (%)	0.22	0.25	0.24
Mineral premix[2]	0.25	0.25	0.25				

[1] Vitamin premix provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 9000IU; vitamin D3 (cholecalciferol), 2000 IU; vitamin E (DL-alpha-tocopherol acetate), 18 IU; vitamin K3 (bisulfate menadionecomplex), 2 mg; thiamine (thiaminemononitrate), 1.8 mg; riboflavin6.6 mg; nicotinic acid, 30 mg; pantothenic acid (D-calcium pantothenate), 10 mg; vitamin B6, 3mg; folic acid, 1 mg; vitamin B12 (cyanocobalamin), 0.015 mg and choline (choline chloride), 500 mg; antioxidant, 1 mg.

[2] Mineral premix provided the following per kilogram of diet: iron (FeSO4•7H2O), 50 mg; iodine (Ca (IO3)2), 1 mg; manganese (MnSO4•H2O), 100 mg; zinc (ZnO), 85 mg; copper (CuSO4•5H2O), 10 mg; selenium (Na2SeO3), 0.2 mg.

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی اسانس مرزه خوزستانی

Table 2. Chemical compounds of *Satureja khuzistanica* essential oil

Components	%	Components	%
α-Thujene	0.18	Carvol	0.42
α-Pinene	0.2	Carvacrol Methyl Ether	0.13
β-Myrcene	0.35	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)	0.36
α-Terpinene	0.33	Carvacrol	91.53
Cymene	1.63	Eugenol	0.13
Limonene	0.2	Carvacryl acetate	0.22
γ-Terpinene	1.44	Trans-β-caryophyllene	0.18
Linalool	0.36	-Bisaboleneβ	0.8
Borneol	0.18	Cis-α-Bisabolene	0.15
4-Terpineol	0.69	Caryophyllene oxide	0.10
α-Terpineol	0.29		

جهت تجزیه آماری، در ابتدا داده‌های به‌دست آمده از نظر تبعیت از توزیع نرمال آزمون شدند. در مواردی که توزیع داده‌ها نرمال نبود داده‌ها با arc sin تبدیل شدند. در نهایت، تمامی داده‌هایی که توزیع نرمال داشتند، با استفاده از رویه GLMنرم افزار SAS 9.3 (SAS Institute, 2011) در آزمایش فاکتوریل ۲×۴ تجزیه شدند. برای مقایسه میانگین تیمارها برای صفات مختلف از آزمون توکی استفاده شد ($P<۰/۰۵$).

نتایج و بحث

نتایج مربوط به حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) اسانس بر باکتری‌های گرم منفی *اشریشیا کولای*، کلی‌فرم و باکتری‌های مثبت لاکتوباسیلوس نشان داد که خواص ضدباکتریایی اسانس بر باکتری‌های *اشریشیا کولای* و کلی-فرم (۰/۲۷۶) بیشتر از لاکتوباسیلوس‌ها (۰/۰۶۹) بود. گزارش شده است که مخمرها نسبت به باکتری‌های گرم منفی به آثار ضدمیکروبی اسانس‌ها از خود مقاومت کمتری نشان می‌دهند (Saei- Dehkordi *et al*., 2012) که یکی از دلایل مهم آن، لیپوپلی‌ساکاریدهای موجود در غشای خارجی آن‌ها است که از نفوذ اجزای آبگریز اسانس به غشای باکتری جلوگیری می‌کند (Oussalah *et al*., 2006). گزارش شده است هرچه میزان محتوای فنولی ترکیب گیاهی افزایش یابد فعالیت ضدباکتریایی اسانس قوی‌تر خواهد بود (Burt, 2004; Si *et al*., 2006; Shan *et al*., 2007). اسانس‌های با درصد بیش‌تر ترکیبات فنولی، میزان مهارکنندگی قوی‌تری را از لحاظ MIC نشان دادند (Franz *et al*., 2010). فعالیت ضدمیکروبی قوی اسانس مرزه خوزستانی بر میزان MIC برای باکتری‌های گرم مثبت *Bacillus subtilis*، *Bacillus pumulis*، *Staphylococcus aureus* و *Staphylococcus epidermidis* به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۲۳، ۰/۹۳ و ۰/۲۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و برای باکتری *اشریشیا کولای*، ۰/۴۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش شده است (Yousefzadi *et al*., 2013).

نتایج مربوط به اثر افزودن سطوح مختلف اسانس مرزه خوزستانی آزاد و پوشش‌دار شده بر فراسنجه‌های عملکردی جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ نشان داده شده است. استفاده از سطح ۱۰۰ میلی‌گرم اسانس مرزه خوزستانی در کیلوگرم جیره، افزایش وزن روزانه بالاتری را نسبت به سایر سطوح موجب شد. تفاوت معنی‌داری در افزایش وزن جوجه‌های تغذیه شده با سطوح صفر و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). افزایش وزن روزانه در جوجه‌های تغذیه شده با اسانس ریزپوشانی شده در مقایسه با اسانس آزاد تمایل به افزایش معنی‌دار داشت ($P=۰/۰۵$). افزایش وزن روزانه جوجه‌ها در پایان دوره پرورش و کل دوره با افزایش سطح افزودن اسانس مرزه خوزستانی در جیره تا ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافت ($P<۰/۰۵$)، اما استفاده از سطح ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس مرزه خوزستانی سبب مشاهده تفاوت معنی‌دار با گروه شاهد نشد ($P>۰/۰۵$).

استفاده از اسانس ریزپوشانی شده در هفت روز ابتدایی پرورش، افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی را نسبت به آن‌هایی که اسانس آزاد دریافت کردند، افزایش داد ($P<۰/۰۵$). در روزهای پرورش تا ۲۱ روزگی نیز این تفاوت‌ها تمایل به معنی‌دار شدن داشت. محققین گزارش کردند در دوره یک تا ۲۱ روزگی و همچنین کل دوره، افزایش وزن روزانه برای جوجه‌هایی که از نانوکپسول‌های حاوی اسانس آویشن استفاده کردند بیشتر از گروه شاهد بود (Hosseini and Meimandipour, 2018). در یک پژوهش دیگر، جوجه‌هایی که از اسانس پوشش‌دار زنیان استفاده نمودند افزایش وزن روزانه بیش‌تری در سن یک تا ۲۱ روزگی نسبت به گروه شاهد داشتند، اما ریزپوشانی اسانس سبب افزایش ضریب تبدیل نسبت به جوجه‌های تغذیه شده با اسانس آزاد شد (Mersadi *et al*., 2019). جوجه‌های گوشتی با مصرف سطح ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس مرزه خوزستانی، خوراک مصرفی کم‌تری در مقایسه با آن‌هایی که از جیره بدون اسانس تغذیه شدند، داشتند (۱۰۳/۳ در برابر ۱۰۸/۸ گرم به ازای هر قطعه جوجه در روز؛ $P<۰/۰۵$). با این وجود، خوراک مصرفی جوجه‌های با سطح ۵۰ و یا ۱۰۰ میلی‌گرم اسانس مرزه خوزستانی در کیلوگرم، تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد نداشت. همچنین تفاوت معنی‌داری در خصوص میانگین خوراک مصرفی روزانه با تغذیه اسانس آزاد و ریزپوشانی شده مشاهده نشد.

جدول ۳- اثر سطوح مختلف اسانس مرزه خوزستانی آزاد و پوشش‌دار شده بر افزایش وزن روزانه، میانگین مصرف خوراک روزانه، ضریب تبدیل خوراک و شاخص تولید اروپایی در جوجه‌های گوشتی

Table 3. Effect of different levels of free and microencapsulated essential oil of *Satureja khuzistanica* on average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI), feed conversion ration (FCR), and European production efficiency factor (EEF) in broilers

		0-21 days			22-42 days			0-42 days			
Sources		ADG	ADFI	FCR	ADG	ADFI	FCR	ADG	ADFI	FCR	EEF
Form	Level										
Free	0	31.8	50.8	1.60	83.1	167.1	2.01	57.5	108.9	1.90	277.0
	50	29.6	48.4	1.63	82.7	164.4	1.99	56.1	106.4	1.90	254.2
	100	32.5	50.2	1.55	86.7	163.3	1.88	59.6	106.7	1.79	292.1
	150	27.3	45.3	1.67	76.8	156.6	2.04	52.0	100.9	1.94	234.7
Encapsulated	0	32.5	51.1	1.58	83.3	166.1	2.00	57.9	108.6	1.89	280.4
	50	33.1	50.9	1.54	85.2	165.4	1.94	59.2	108.1	1.83	298.3
	100	33.5	51.1	1.53	87.5	164.1	1.87	60.5	107.6	1.78	327.1
	150	31.3	49.3	1.58	81.3	161.9	2.00	56.3	105.6	1.88	280.8
SEM		1.78	1.91	0.057	2.13	2.67	0.056	1.68	1.62	0.052	21.80
Form											
Free		30.3	48.7	1.62	82.3	162.8	1.98	56.3	105.8	1.88	264.5[b]
Encapsulated		32.6	50.6	1.56	84.3	164.4	1.95	58.5	107.5	1.84	296.7[a]
SEM		0.89	0.96	0.028	1.06	1.33	0.028	0.84	0.81	0.026	10.90
Essential oil (mg/kg)											
0		32.2	50.9	1.59	83.2[ab]	166.6	2.01	57.7[ab]	108.8[a]	1.89	278.7
50		31.3	49.7	1.59	84.0[ab]	164.9	1.97	57.7[ab]	107.3[ab]	1.86	276.3
100		33.0	50.7	1.54	87.1[a]	163.7	1.88	60.1[a]	107.2[ab]	1.78	309.6
150		29.3	47.3	1.63	79.0[b]	159.2	2.02	54.2[b]	103.3[b]	1.91	275.8
SEM		1.26	1.35	0.040	1.50	1.89	0.039	1.19	1.14	0.037	15.41
Effect						*P*-value					
Form		0.080	0.168	0.176	0.191	0.425	0.523	0.081	0.143	0.309	0.048
Essential oil		0.222	0.246	0.480	0.009	0.063	0.076	0.016	0.015	0.094	0.149
Form *Essential oil		0.720	0.772	0.859	0.748	0.686	0.964	0.632	0.480	0.909	0.746

[a-b] Means within the same column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

در کل دوره پرورش، تفاوتی در ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی که شکل آزاد و ریزپوشانی شده و سطوح مختلف اسانس را دریافت کردند مشاهده نشد. محققین نشان دادند که مصرف اسانس مرزه خوزستانی در سطح ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره جوجه‌های گوشتی در شرایط تنش گرمایی سبب بهبود ضریب تبدیل نسبت به گروه شاهد در کل دوره پرورش شد (Masouri *et al.*, 2015). در یک مطالعه پیشین که از اسانس پونه کوهی و یک ترکیب فیتوژنیک تجاری در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده شد، تغییری در ضریب تبدیل و افزایش وزن روزانه مشاهده نشد، اما جوجه‌های تغذیه شده با اسانس پونه کوهی در مقایسه با مخلوط مواد فیتوژنیک، شاخص کارآیی اروپایی بالاتری داشتند (Mohiti-Asli and Ghanaatparast, 2017a).

گزارش شده است که استفاده از نانوکپسول‌های حاوی اسانس آویشن، اثری بر خوراک مصرفی جوجه‌ها نداشت (Hosseini and Meimandipour, 2018). همچنین مصرف خوراک در جوجه‌هایی که از مخلوط کارواکرول، تیمول و لیمونن پوشش‌دار استفاده کردند تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد (Hafeez *et al.*, 2016). گزارش شده است که افزودن ۱۵۰ میلی‌گرم اسانس آویشن به جیره جوجه‌های گوشتی سبب کاهش خوراک مصرفی در کل دوره پرورش شد و شاخص کارآیی تولید اروپایی را افزایش داد، در حالی‌که افزودن سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم اسانس آویشن در کیلوگرم جیره، اثری بر خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل نداشت (Hoseynian-Bilandi *et al*., 2018). گزارش شده است که استفاده از اسانس مرزه خوزستانی سبب بهبود افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی شد (Goodarzi *et al*., 2014). این محققان نشان دادند افزودن اسانس مرزه خوزستانی به جیره، اثری بر خوراک مصرفی در کل دوره پرورش نداشت. با این وجود، جوجه‌هایی که اسانس دریافت کردند ضریب تبدیل بهتری نسبت به گروه شاهد نشان دادند. طعم و بوی جیره پرندگان می‌تواند مصرف خوراک را کاهش یا افزایش دهد (Doyle *et al.*, 1962). ترکیبات گیاهی که به عنوان افزودنی گیاهی است ممکن طعم جیره را تحت تأثیر قرار دهند، برای مثال سبب ایجاد طعم تند شوند که میزان مصرف خوراک در حیوانات

را کاهش می‌دهند (Brenes and Roura, 2010). گزارش شده است که افزودن سطوح بالای اسانس مرزه در جیره سبب کاهش مصرف خوراک در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Halle, 2001). سطح ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس مرزه خوزستانی در این مطالعه سبب کاهش خوراک مصرفی در پرندگان شد که دلیل آن را می‌توان به عدم خوش‌خوراکی جیره این پرندگان نسبت داد چون اسانس مرزه خوزستانی حاوی مقادیر زیادی کارواکرول بوده که این مونوترپن فنولی دارای مزه تلخ و تندی است (Khosravinia, 2013) و در مزه خوراک تغییر ایجاد می‌کند. Godarzi *et al.* (2014) بیان کردند که اگرچه پرندگان جوانه‌های چشایی کم‌تری نسبت به پستانداران دارند، اما نسبت به مزه خوراک و تغییرات آن حساس هستند. چگونگی اثر افزودنی‌های خوراکی گیاهی بر بالاتر بردن میزان قابلیت هضم مواد مغذی جیره جوجه‌های گوشتی هنوز مشخص نشده است. استفاده از عصاره‌های گیاهی مختلف، ادویه‌جات و گیاهان خشک شده سبب افزایش قابلیت هضم شده و آثار ضدمیکروبی بر دستگاه گوارش دارند، که از این راه بر عملکرد پرنده اثر می‌گذارند (Kamel, 2001).

نتایج مربوط به اثر مرزه خوزستانی بر پراکسیداسیون گوشت پرندگان مورد آزمایش پس از ۶۰ و ۹۰ روز ذخیره‌سازی در فریزر در جدول ۴ نشان داده شده است. استفاده از اسانس مرزه خوزستانی در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک، پراکسیداسیون چربی‌ها را طی روزهای ۶۰ و ۹۰ روز پس از ذخیره‌سازی، نسبت به شاهد کاهش داد ($P<۰/۰۵$). همچنین جوجه‌های تغذیه شده با اسانس ریزپوشانی شده در مقایسه با آن‌هایی که با اسانس آزاد تغذیه شدند، اکسیداسیون چربی‌های گوشت کمتری داشتند ($P<۰/۰۵$). در این آزمایش، میزان پراکسیداسیون لیپیدها در نمونه‌های گوشت ران با سنجش مقدار TBARS بررسی شد. TBARS میزان مواد واکنش‌دهنده با اسید تیوباربیتوریک از جمله مالون‌دی آلدئید را نشان می‌دهد. این مواد نشان‌دهنده پراکسیداسیون لیپیدهای موجود در گوشت هستند و افزایش مقدار این مواد در گوشت سبب ایجاد تغییر نامطلوب بو و مزه گوشت می‌شود (Shu *et al.*, 1995). اجزای فعال گیاهان از پراکسیداسیون لیپیدها به روش‌های مختلفی مانند فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز و حذف رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کنند. مولکول‌های مسئول خصوصیات آنتی‌اکسیدانی گیاهان دارویی، ترکیبات فنولیکی مانند فلاوونوئیدها، تانن‌های قابل هیدرولیز، پروآنتوسیانیدین‌ها، اسیدهای فنولیک و ترپن‌های فنولیک هستند (Hosseini *et al.*, 2017).

پراکسیداسیون لیپیدها پس از کشتار آغاز می‌شود و سرعت گسترش پراکسیداسیون لیپیدها در بافت‌های ماهیچه‌ای به میزان آسیب بافت‌های ماهیچه‌ای در حوادث قبل از کشتار مانند تنش و آسیب فیزیکی و عوامل پس از کشتار مانند اسیدیته و دمای لاشه بستگی دارد (Mitchell and Sandercock, 1995). در یک پژوهش، افزودن اسانس مرزه خوزستانی در آب آشامیدنی جوجه‌های گوشتی نشان داد که سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر این اسانس سبب کاهش معنی‌دار پراکسیداسیون گوشت ران پرندگان شد (Ebrahiminejad *et al.*, 2014). بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، پوشش‌دار کردن اسانس سبب کاهش معنی‌دار پراکسیداسیون گوشت ران در مقایسه با اسانس آزاد شد ($P<۰/۰۵$). در مطالعه‌ای که از اسانس آویشن و پوشش‌دار کردن آن با آلژینات روی فیله ماهی استفاده شد نتایج حاکی از کاهش میزان پراکسیداسیون چربی در نمونه‌های پوشش‌دار شده نسبت به شاهد بود (Hamzeh and Rezai, 2015). کاهش پراکسیداسیون چربی‌ها در تیمار دریافت‌کننده اسانس ریزپوشانی شده با آلژینات سدیم را می‌توان مربوط به حفاظت اسانس به وسیله پوشش آن تا پیش از جذب در روده دانست (Ozogul *et al.*, 2005; Hosseini *et al.*, 2009) که سبب حفظ خواص آنتی‌اکسیدانی آن می‌شود. به‌طور کلی، میزان چربی گوشت بخش‌های چرب‌تر لاشه از جمله ران بیش‌تر تحت تأثیر عوامل جیره‌ای قرار می‌گیرد (Cherian *et al.*, 2002). اثر اسانس مرزه خوزستانی در کاهش TBARS گوشت ران را می‌توان به خاصیت آنتی‌اکسیدانی کارواکرول موجود در آن نسبت داد. محققین متعدد وجود چنین خاصیتی را برای کارواکرول (Cuppett and Hall, 1998) و اسانس‌های حاوی آن از جمله مرزن‌جوش (Botsoglou *et al.*, 2004)، مرزه

(Radonic and Milos, 2003) و مرزه خوزستانی (Abdollahi *et al*., 2003) تأیید نموده‌اند.

نتایج مربوط به جمعیت باکتری‌های کلی‌فرم، *اشریشیا کولای* و لاکتوباسیلوس‌ها در ایلئوم پرندگان مورد آزمایش در جدول ۵ نشان داده شده است. افزودن اسانس مرزه خوزستانی در سطوح مختلف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره سبب کاهش شمار باکتری‌های کلی‌فرم در ایلئوم نسبت به شاهد شد (P<۰/۰۵). همچنین داده‌ها حاکی از آن است که افزودن اسانس در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک سبب کاهش تعداد باکتری *اشریشیا کولای* شد (P<۰/۰۵)، در حالی که در سطح ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد (P>۰/۰۵). اسانس ریزپوشانی شده در جیره جوجه‌های گوشتی سبب کاهش معنی‌دار شمار باکتری‌های گرم منفی کلی‌فرم و *اشریشیا کولای* در ایلئوم در مقایسه با اسانس آزاد شد (P<۰/۰۵). افزودن اسانس در سطوح مختلف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره، اثر معنی‌داری بر شمار باکتری‌های لاکتوباسیل نداشت (P>۰/۰۵). همچنین، پوشش‌دار کردن اسانس نیز اثر معنی‌داری بر شمار باکتری‌های لاکتوباسیلوس در پرندگان مورد آزمایش نداشت (P>۰/۰۵).

در مطالعه‌ای که اسانس پونه کوهی در قالب یک ترکیب تجاری به جیره جوجه‌های گوشتی اضافه شد، گزارش شد که شمار باکتری *اشریشیا کولای* در ایلئوم جوجه‌هایی که اسانس پونه کوهی را دریافت نمودند کاهش یافت، اما تفاوت معنی‌داری در شمار باکتری‌های لاکتوباسیلوس ایجاد نشد (Mohiti-Asli and Ghanaatparast, 2017b). در مطالعه‌ای دیگر، افزودن ترکیب گیاهی حاوی کپسایسین، کارواکرول و سینامالدئید به جیره توانست شمار باکتری‌های *اشریشیا کولای* و *کلستریدیوم پرفرینژنز* را در محتویات سکوم‌های جوجه‌های گوشتی به میزانی مشابه با آویلامایسین کاهش دهد (Jamroz *et al*., 2003).

جدول ۴- اثر سطوح مختلف اسانس آزاد و ریزپوشانی‌شده مرزه خوزستانی بر پراکسیداسیون چربی‌های گوشت نگهداری شده در فریزر

Table 4. Effect of different levels of free and microencapsulated essential oil of *Satureja khuzistanica* on fat peroxidation of meat stored in the freezer

Sources		After 60 days of storage	After 90 days of storage
		TBRS (nmol/g)	TBRS (nmol/g)
Form	Level		
Free	0	0.559	0.630
	50	0.502	0.534
	100	0.436	0.499
	150	0.458	0.476
Encapsulated	0	0.515	0.558
	50	0.430	0.459
	100	0.408	0.437
	150	0.403	0.426
SEM		0.0325	0.0435
Form			
Free		0.495[a]	0.535[a]
Encapsulated		0.439[b]	0.470[b]
SEM		0.0163	0.0217
Essential oil (mg/kg)			
0		0.537[a]	0.594[a]
50		0.466[ab]	0.497[ab]
100		0.435[b]	0.468[b]
150		0.430[b]	0.451[b]
SEM		0.0230	0.0307
Effect		*P*-value	
Form		0.022	0.046
Essential oil		0.011	0.014
Form*Essential oil		0.978	0.992

[a-b] Means within the same column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

جدول ۵- اثر سطوح مختلف اسانس آزاد و ریزپوشانی شده مرزه خوزستانی بر جمعیت باکتری‌های ایلئوم جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

Table 5. Effect of different levels of free and encapsulated *Satureja khuzistanica* essential oil on ileal bacteria population (log_{10} CFU/g) of broilers at 42 days of age

Items		Coliforms Log10 (CFU/g)	*E. coli* Log10 (CFU/g)	Lactobacillus Log10 (CFU/g))
Form	Level			
Free	0	5.97	5.92	6.31
	50	5.90	5.85	6.34
	100	5.89	5.83	6.35
	150	5.87	5.83	6.35
Encapsulated	0	5.96	5.89	6.30
	50	5.85	5.80	6.36
	100	5.83	5.78	6.38
	150	5.82	5.77	6.40
SEM		0.031	0.033	0.033
Form				
Free		5.91[a]	5.86[a]	6.34
Encapsulated		5.86[b]	5.81[b]	6.36
SEM		0.016	0.017	0.016
Essential oil (mg/kg)				
0		5.96[a]	5.90[a]	6.30
50		5.88[b]	5.83[ab]	6.35
100		5.86[b]	5.80[b]	6.36
150		5.85[b]	5.80[b]	6.38
SEM		0.022	0.024	0.023
Effect			*P*-value	
Form		0.043	0.043	0.338
Essential oil		0.002	0.009	0.150
Form*Essential oil		0.894	0.975	0.805

[a-b] Means within the same column with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

دستگاه گوارش یک اندام حیاتی است که واسط بین خوراک مصرفی و استفاده از مواد مغذی به وسیله حیوانات است. اسانس‌های گیاهی به‌طور معنی‌داری با کنترل باکتری‌های بالقوه بیماری‌زا و تثبیت اکوسیستم میکروبی دستگاه گوارش بر جمعیت میکروبی دستگاه گوارش اثر می‌گذارند. بهبود سلامت روده سبب افزایش جذب مواد مغذی ضروری از راه افزایش طول پرزها و سطح روده می‌شود و بنابراین عملکرد رشد حیوان بهبود می‌یابد (Franz *et al.*, 2008; Windisch *et al.*, 2008; Zeng *et al.*, 2015).

نتیجه‌گیری کلی

ریزپوشانی اسانس مرزه خوزستانی با آلژینات دارای آثار مثبتی بر عملکرد رشد (شاخص تولید اروپایی) جوجه‌های گوشتی بود. استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم اسانس مرزه خوزستانی در جیره جوجه‌های گوشتی سبب بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی شد. همچنین استفاده از سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس مرزه خوزستانی سبب کاهش جمعیت باکتری‌های بیماری‌زای کلی‌فرم‌ها شد. سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم اسانس نیز به طور معنی-داری سبب کاهش جمعیت باکتری *اشریشیا کولای* شدند. اسانس ریزپوشانی شده آثار ضدمیکروبی اسانس را افزایش داد و کاهش بیش‌تر باکتری‌های مضر روده‌ای را سبب شد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، می‌توان استفاده از سطح ۱۰۰ میلی‌گرم اسانس ریزپوشانی شده مرزه خوزستانی در هر کیلوگرم خوراک را به دلیل آثار مثبت بر عملکرد، ثبات اکسیداتیو گوشت و جمعیت میکروبی روده برای جوجه‌های گوشتی توصیه نمود.

فهرست منابع

Ariaii P., Tavakolipour H., Rezaei M. and Elhamirad A. H. 2013. Antimicrobial activity of methyl cellulose based edible film enriched with *Pimpinella affinis* oil on the Hypophthalmichthys molitrix fillet under refrigerator storage condition. Journal of Food Processing and Preservation, 5(1), 13-26. (In Persian).

Brenes A. and Rourab E. 2010. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. Animal Feed Science and Technology, 158(1): 1-14.

Doyle C. A., Davies R. E., Krishnan R., Khaund R. and Couch J. R. 1992. Studies on the taste performance of the chick. Poultry Science, 41(3): 781-784.

Ebrahiminejad S., Khosravinia H. and Alirezaei M. 2014. Effect of administration of Savory (*Satureja Khuzistanica*) essential oil in drinking water on performance and antioxidative potential of thigh meat in broiler chicken. Animal Production, 16(1): 53-62.

Farsam H., Amanlou M., Radpour M. R., Salehinia A. N. and Shafiee A. 2004. Composition of the essential oils of wild and cultivated *Satureja khuzistanica Jamzad* from Iran. Flavour and Fragrance Journal, 19(4): 308-310.

Franz C., Baserb K. H. C. and Windischc W. 2010. Essential oils and aromatic plants in animal feeding – a European perspective. A review. Flavour and Fragrance Journal, 25: 327-340.

Goodarzi M., Mohtashamipour N. and Modiri D. 2014. The effect of savory *(Satureja khuzistanica)* essential oils on performance and some blood biochemical parameters of Ross and Cobb broilers. Annual Research and Review in Biology, 4(24): 4336-4343.

Hafeez A., Manner K., Schieder C. and Zentek J. 2016. Effect of supplementation of phytogenic feed additives (powdered vs. encapsulated) on performance and nutrient digestibility in broiler chickens. Poultry Science, 95: 622-629.

Halle I. 2001. Effects of essential oils and herbal mixtures on growth of broiler chicks. In Proc. Symp. Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier, Jena, Thüringen, Germany. Inst. Ernähr. Biol. Pharm. Fak, Friedrich-Schiller-Univ., Jena, Germany. Pp. 439-442.

Hamzeh A. and Rezai M. 2015. Sodium alginate with added thyme essential oil as a new method coating for rainbow trout fillet. Journal of Food Science and Technology, 12(46): 229-241. (In Persian).

Hoseynian-Bilandi S. H., Hosseini S. M., Mojtahedi M. and Bashtani M. 2018. Effect of Thyme and Ziziphora essence on performance, microbial population and immune response of broiler chickens. Animal Production Research, 7(3): 53-65. (In Persian).

Hosseini S. A. and Meimandipour A. 2018. Feeding broilers with thyme essential oil loaded in chitosan nanoparticles: an efficient strategy for successful delivery. British Poultry Science, 59(6): 669-678.

Hosseini S. A., Mohiti-Asli M. and Soleimani M. R. 2017. Poultry gut, immunity and health. First Edition, Kaj-e-Talaei Press. P. 454. (In Persian).

Jamroz D., Orda J., Kamel C., Wiliczkiewicz A., Wertelecki T. and Skorupinska J. 2003. The influence of phytogenic extracts on performance, nutrient digestibility, carcass characteristics, and gut microbial status in broiler chickens. Journal of Animal and Feed Sciences, 12(3): 583-596.

Jamroz D., Wiliczkiewicz A., Wertelecki T., Orda J. and Skorupińska J. 2005. Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and locally grown cereals. British Poultry Science, 46(4): 485-493.

Jamzad Z. 1994. A new species of the genus *Satureja* from Iran. Iranian Journal of Botany, 6(2): 215-218.

Kamel C. 2001. Tracing modes of action and the roles of plant extracts in non-ruminants: Recent Advances in Animal Nutrition. Nottingham University Press. Pp. 135-150.

Khosravinia H., Ghasemi S. and Alavi E. R. 2013. The effect of savory (*Satureja khuzistanica*) essential oils on performance, liver and kidney functions in broiler chickens. Journal of Animal and Feed Sciences, 22(1): 50-55.

Langhout P. 2000. New additives for broiler chickens. World Poultry, 16: 22-27.

Masouri L., Salari S., Sari M., Tabatabaei S. and Masouri B. 2017. Effect of feed supplementation with *Satureja khuzistanica* essential oil on performance and physiological parameters of broilers fed on wheat or maize-based diets. British Poultry Science, 58(4): 425-434.

Masoury B., Salari S., Khosravinia H., Vakili tabatabaei S. and Mohammadabadi T. 2015. Effects of dietary *Satureja khuzistanica* essential oils and α-tocopherol on productive performance, organ weights, blood lipid constituents and antioxidative potential in heat stressed broiler chicks. Europian Poultry Science, 79: 1-14.

Mellor S. 2000. Nutraceuticals-alternatives to antibiotics. World Poultry, 16(2): 30-33.

Mersadi T., Mohiti-Asli M. and Darmani-Kuhi H. 2019. Effects of microencapsulated ajowan essential oil on growth performance and intestinal microflora of broilers. Animal Production, 21(4): 521-531. (In Persian).

Moghaddam F. M., Farimiani M. M., Salahvarzi S. and Amin G. 2007. Chemical constituents of dichloromethane extract of cultivated Satureja khuzistanica. Evid. Based Complement. Alternative Medicine, 4: 95-98.

Mohiti-Asli M. and Ghanaatparast-Rashti M. 2017a. Comparison of the effect of two phytogenic compounds on growth performance and immune response of broilers. Journal of Applied Animal Research, 45(1): 603-608.

Mohiti-Asli M. and Ghanaatparast-Rashti, M. 2017b. Comparing the effects of a combined phytogenic feed additive with an individual essential oil of oregano on intestinal morphology and microflora in broilers. Journal of Applied Animal Research, 45: 1-6.

Mohiti-Asli M., Hosseini S. A., Meymandipur A. and Mahdavi A. 2011. Phytogenics in animal nutrition. Animal Science Research Institute Press. P. 317. (In Persian).

Munin A. and Edwards F. 2011. Encapsulation of natural polyphenolic compounds. Pharmaceutics, 3: 793-829.

Nooshkam A., Mumivand H., Hadian J., Alemardan A. and Morshedloo M. R. 2017. Drug yield and essential oil and carvacrol contents of two species of Satureja (*S. khuzistanica Jamzad* and *S. rechingeri Jamzad*) cultivated in two different locations. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 6: 126-130. (In Persian).

Parvar R., Khosravinia H. and Azarfar A. 2014. Influence of supplementation of *Satureja khuzestanica* essential oils in drinking water on digestive organ size and carcass characteristics broiler chickens reared under heat stress. Advances in Bioresearch, 5(1): 106-110.

Platel K. and Srinavasan K. 2000. Stimulatory influence of select spices on bile secretion in rates. Nutrition Research, 20: 1493-1503.

Rashidipour M., Ezatpour B., Talei G. R. and Pournia Y. 2016. The carvacrol level and antibacterial properties of industrial and laboratory essential oils of the wild and cultivated Satureja khuzestanica. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 19(3): 519-528.

Reisinger N., Steiner T., Nitsch S., Schatzmayr G. and Applegate T. J. 2011. Effects of a blend of essential oils on broiler performance and intestinal morphology during coccidial vaccine exposure. Journal of Applied Poultry Research, 20(3): 272-283.

Ross Broilers Manual. 2012. Ross 308 broiler nutrition manual. Ross Broiler Ltd., Newbridge, Midlothian, UK.

Rozmehr F., Chashnidel Y., Rezaei M., Mohiti-Asli M. and Mottaghi-Talab M. 2018. The effect of thyme and cinnamon microencapsulated essential oils on performance, some blood parameters and carcass characteristic in boiler chicks. Research on Animal Production, 8(17): 34-42. (In Persian).

Saadat M., Pournourmohammadi S., Donyavi M., Khorasani R., Amin G., Salehnia A. N. and Abdollahi M. 2004. Alteration of rat hepatic glycogen phosphorylase and phosphoenolpyruvate carboxykinase activities by Satureja khuzistanica Jamzad essential oil. Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 7: 310-314.

Song S., Liu L., Shen H., You J. and Luo Y. 2011. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). Food Control, 22: 608-615.

Wiegand I., Hilpert K. and Hancock R. E. W. 2008. Agar and broth dilution methods to determine the minimal inhibitory concentration (MIC) of antimicrobial substances. Nature Protocols, 3(2): 163-175.

Williams P. and Losa R. 2001. The use of essential oils and their compounds in poultry nutrition. World Poultry Science, 17(4): 14-15.

Windisch W., Schedle K., Plitzner C. and Kroismayr A. 2008. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. Journal Animal Science, 86: 140-148.

Zeng Z., Zhang S., Wang H. and Piao X. 2015. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. Journal of Animal Science and Biotechnology, 6(1): 7-17.