نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

استفاده از روش تصمیم گیری چندشاخصی تاپسیس (TOPSIS) جهت انتخاب محرک رشد در جیره جوجه-های گوشتی

میثم حیدریان [۱]، امیرمیمندی پور [۲*]، یحیی ابراهیم نژاد [۱]، سید عبداله حسینی [۳] و محمد حسین بنابازی [۳]

۱- گروه علوم دامی، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی ، شبستر، ایران

۲- گروه بیوتکنولوژی دامی، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، تهران، ایران

۳- موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

[*] ایمیل نویسنده مسئول مکاتبه: meimandi@nigeb.ac.ir

تلفن تماس: ۰۹۳۵۴۵۵۰۰۲۰

شناسه دیجیتال (DOI) 10.22092/ASJ.2025.368793.2471

Using the TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) multi-criteria decision-making method for selecting growth promoters in broiler chicken diets

M. Heydarian [1], A. Meimandipour [2*], Y. Ebrahimnezhad [1], S. A. Hosseini[3] and M. H. Banabazi[3]

1-Department of Animal Science, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran
2-Department of Animal Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology (NIGEB), Tehran, Iran.
3-Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

*Corresponding author email address: meimandi@nigeb.ac.ir

استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصی تاپسیس (TOPSIS) جهت انتخاب محرک رشد برای جیره جوجه‌های گوشتی

چکیده

این آزمایش برای انتخاب بهترین ترکیب محرک رشد با استفاده از اسانس آویشن و پونه کوهی (کپسوله/غیرکپسوله) همراه با/بدون پروبیوتیک در جیره جوجه‌های گوشتی انجام شد. ۸۴۰ جوجه راس ۳۰۸ به‌صورت تصادفی در ۷ تیمار (۵ تکرار، ۲۴ پرنده در هر تکرار) تقسیم شدند. تیمارها شامل: ۱) جیره پایه (شاهد) ۲) جیره پایه + ۱۰ میلی‌گرم آنتی‌بیوتیک آویلامایسین ۳) جیره پایه + ۲۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم اسانس کپسوله ۴) جیره پایه + ۲۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم اسانس غیرکپسوله ۵) جیره پایه + ۲۰۰ میلی‌گرم پروبیوتیک ®Pronigeb حاوی *لاکتوباسیلوس روتری*، *پدیوکوکوس اسیدی لاکتیسی* و *باسیلوس سوبتیلیس* با تراکم ۹^۱۰ CFU/gr ۶) جیره پایه + پروبیوتیک + ®Pronigeb اسانس غیرکپسوله ۷) جیره پایه + پروبیوتیک®Pronigeb + اسانس کپسوله. صفات مورد ارزیابی شامل وزن بدن، مصرف خوراک، ضریب تبدیل غذایی، زنده‌مانی، درصد لاشه، عیار آنتی‌بادی آنفلوآنزا، شاخص تنش (نسبت هتروفیل به لنفوسیت) و IgG بود. داده‌ها با روش Topsis تحلیل شدند. نتایج نشان داد گروه تغذیه شده با پروبیوتیک®Pronigeb + اسانس آویشن و پونه کوهی کپسوله شده بالاترین امتیاز مدیریتی سیستم Topsis (۰/۷۲۷۸) را کسب کرد و این ترکیب به‌عنوان افزودنی بهینه در جیره پیشنهاد می‌شود. مصرف این ترکیب سبب بهبود معناداری در عملکرد رشد و ایمنی جوجه های گوشتی شد.

کلیدواژه‌ها: اسانس آویشن و پونه کوهی کپسوله، پروبیوتیک، جوجه گوشتی، روش تصمیم‌گیری چندشاخصی

مقدمه

استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها به‌عنوان تقویت‌کننده رشد به دلیل خطرات احتمالی برای سلامت در صنعت پرورش مرغ گوشتی ممنوع شده است (سیمیتزیس، ۲۰۱۷). این صنعت در تلاش است تا جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌ها پیدا کند. برخی پروبیوتیک‌ها به‌طور تجاری توسعه یافته‌اند تا این نیاز را برآورده کنند (بای و همکاران، ۲۰۱۶). پروبیوتیک‌ها برای بهبود و تعادل جمعیت میکروبی روده مورد استفاده قرار گرفته‌اند (گاجیا و همکاران، ۲۰۱۰؛ جهرمی و همکاران، ۲۰۱۶). آن‌ها اثرات مثبتی بر عملکرد رشد و پاسخ ایمنی در جوجه‌های گوشتی نشان داده‌اند (گاجیا و همکاران، ۲۰۱۰؛ سیداوی و همکاران، ۲۰۱۷).

آویشن (Thymus vulgaris) یک گیاه دارویی است که می‌توان آن را در تمام مناطق مدیترانه‌ای یافت. بر اساس گزارش‌های قبلی، ترکیب غالب اسانس آویشن، تیمول است (سنجول و همکاران، ۲۰۰۸). اثرات مفید اسانس آویشن بر عملکرد و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی گزارش شده است (عطیه و همکاران، ۲۰۱۷). پونه کوهی

(Origanum vulgare) نیز به‌طور گسترده‌ای در تمام مناطق مدیترانه‌ای یافت می‌شود. فنول‌هایی مانند کارواکرول در اسانس پونه کوهی وجود دارد (ماثلوتی و همکاران، ۲۰۱۲). گالال و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که افزودن این اسانس به آب آشامیدنی جوجه‌های گوشتی پاسخ‌های ایمنی هومورال و ذاتی را تقویت کرده و عملکرد رشد را بهبود بخشید. تیمول و کاراکرول باکاهش رشد باکتری‌های بیماری‌زا مانند *کلستریدیوم پرفرینجنس*، *اشریشیاکلی* و *سالمونلا*، افزایش جمعیت باکتری‌های مفید مانند *لاکتوباسیلوس* و *بیفیدوباکتر* سبب تعدیل *فلور میکروبی* دستگاه گوارش می‌شوند(Abdelli و همکاران، ۲۰۲۱). بهبود ساختار و ریخت شناسی روده از طریق اثر آنها بر افزایش ارتفاع پرزهای روده‌ای و نسبت پرز به عمق کریپت و گسترش سطح جذب مواد مغذی نیز گزارش شده است. این مواد موثره سبب تقویت یکپارچگی سد روده‌ای از طریق افزایش بیان پروتئین‌های اتصالات بین‌سلولی (tight junctions) مانند اکلودین و کلاودین-۱ و کاهش نفوذپذیری روده (جلوگیری از سندروم روده نشت‌پذیر) می‌شود. همچنین کاهش التهاب در روده از طریق کاهش ترشح سیتوکین‌های التهابی مانند IL-1β، IL-6، TNF-α. و افزایش سیتوکین‌های ضدالتهابی IL-10 از دیگر اثرات این مواد است. علاوه بر این افزایش ترشح آنزیم‌هایی مانند آمیلاز، پروتئاز و لیپاز و تحریک ترشح صفرا و بهبود هضم چربی، خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد در سلول‌های روده‌ای، جلوگیری از آسیب اکسیداتیو به بافت اپی‌تلیال نیز در زمان استفاده از اسانس هاس حاوی تیمول و کارکرول گزارش شده است (Abdelli و همکاران، ۲۰۲۱) . از مشکلات استفاده از اسانس گیاهان دارویی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: الف) حساسیت اسانس‌ها به عوامل محیطی مانند نور، دما، اکسیژن و رطوبت که باعث تخریب و کاهش کارایی آن‌ها می‌شود. ب) فراریت و تبخیر آسان ترکیبات اسانس که باعث از دست رفتن خواص آن‌ها می‌شود. ج) حلالیت کم در آب که محدودیت استفاده در صنایع غذایی و دارویی را ایجاد می‌کند. د) افزایش واکنش‌های نامطلوب مثل اکسیداسیون و هیدرولیز که باعث تجزیه ترکیبات فعال می‌شوند. ه) استفاده از اسانس سبب کاهش فراهمی زیستی و کنترل انتشار اسانس در محل و زمان مورد نظر برای اثرگذاری بهتر می‌شود، اشاره کرد (حسینی و میمندی‌پور، ۲۰۱۸).

کپسوله (پوشش دار) کردن این اسانس‌ها به عنوان راهکاری برای غلبه بر این چالش پیشنهاد شده است (بیلیا و همکاران، ۲۰۱۴؛ حسینی و میمندی‌پور، ۲۰۱۸). انکپسولاسیون اسانس‌های گیاهی فرآیندی است که در آن اسانس‌ها با یک ماده پوشش‌دهنده یا حامل محصور می‌شوند تا از آن‌ها محافظت شود و ویژگی‌های مطلوبی مانند پایداری و کنترل آزادسازی فراهم گردد. این تکنولوژی به ویژه برای حفظ اسانس‌ها که به طور طبیعی حساس و ناپایدار هستند، بسیار اهمیت دارد (Liao و همکاران، ۲۰۲۱). به علل زیر کپسوله کردن گیاهان دارویی ضروری است. از مزایای انکپسولاسیون اسانس‌های گیاهی می توان به الف) افزایش پایداری و محافظت از ترکیبات فعال در برابر تخریب‌های فیزیکی و شیمیایی، ب) بهبود حلالیت در آب و امکان استفاده آسان‌تر در سیستم‌های غذایی و

دارویی، ج) کنترل آزادسازی اسانس به صورت هدفمند و تدریجی و افزایش اثربخشی،د) جلوگیری از تبخیر و از دست رفتن اسانس در طول فرآوری و نگهداری محصولات، ه)حفظ فعالیت‌های زیستی مانند ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی حتی در شرایط نامساعد محیطی و و) امکان استفاده در دوزهای پایین‌تر به دلیل افزایش پایداری و اثربخشی، اشاره نمود(Sousa و همکاران ، ۲۰۲۲).

کپسوله کردن در حقیقت فناوری است که در آن ترکیبات هدف، توسط ترکیبات دیواره پوشش داده می‌شود .در این روش انواع طعم‌ها، اسانس‌ها، روغن‌ها، آنزیم‌ها، ریزسازواره‌ها و... می‌توانند توسط ترکیبات پلیمرهای زیستی مانند پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و چربی‌ها پوشش داده شوند. کپسول‌ها قادرند تحت شرایط خاص و با سرعت کنترل شده محتویات‌شان را آزاد کنند. این فناوری بر پایه بسته‌بندی ترکیبات جامد، مایع و گاز به‌صورت ذراتی در مقیاس میلی، میکرو یا نانو می‌باشد که محتویات خود را با توجه به شرایط یا تیمارهای ویژه رها می‌کنند. دیواره کپسول‌ها نیمه تراوا و دارای منافذی با قطری در حد نانومتر بوده که فقط متابولیت‌ها توانایی عبور از آن‌ها را دارند (Allan-Wojtas et al., 2008). فناوری میکروکپسوله کردن برای محافظت از باکتری‌های پروبیوتیک در برابر آسیب‌های ناشی از محیط خارجی با موفقیت توسعه یافته و اعمال شده است (Manojlović et al., 2010).

تصمیم‌گیری چند شاخصی (MADM) یکی از بهترین راهکارهای توصیه‌شده در سال‌های اخیر برای تعیین گروه های مطلوب تیماری در تحقیقات بیولوژی است زیرا در این نوع تحقیقات با چندین گزینه و چندین صفت مورد اندازه گیری با جهت های مختلف سرو کارداریم(میمندی‌پور و همکاران، ۲۰۱۲). به نظر می‌رسد روش تصمیم‌گیری چندشاخصی برپایه تاپسیس (TOPSIS) کاربردهای بالقوه‌ای در بسیاری از زمینه‌های تولید طیور داشته باشد؛ از جمله این کاربردها می‌توان به انتخاب بهترین سطح یا شکل افزودنی‌های خوراکی، درجه‌بندی مزارع و کارخانه‌ها و یا تصمیمات انتخاب ژنتیکی اشاره نمود.

با توجه به اثرات مثبت اسانس‌های گیاهی و پروبیوتیک بر دستگاه گوارش و عملکرد جوجه‌های گوشتی، در این تحقیق استفاده توامان اسانس کپسوله و پروبیوتیک در مقایسه با فرم غیرکپسوله اسانس در جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که در تحقیقات طیور چندین ویژگی با مقیاس‌ها و جهت‌های مختلف اندازه‌گیری می‌شود، تصمیم‌گیری بر اساس این نتایج دشوار خواهد بود. این در حالی است که بهترین تصمیم زمانی حاصل خواهد شد که همه متغیرها با هم در نظر گرفته شوند. در تحقیق حاضر از روش تصمیم‌گیری چندشاخصی بر پایه تاپسیس برای انتخاب بهترین جایگزین آنتی‌بیوتیک از بین محصولات مورد ارزیابی و تعیین اولویت استفاده از فرم-های مختلف اسانس گیاهی با و بدون پروبیوتیک در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ۸۴۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ (مخلوط دو جنس با نسبت مساوی) به‌طور تصادفی با هفت تیمار، پنج تکرار و ۲۴ پرنده در هر تکرار اختصاص داده شدند. پرندگان از سن ۱ تا ۴۲ روزگی جیره غذایی آزمایشی را دریافت کردند که شامل: ۱) جیره پایه (شاهد) ۲) جیره غذایی پایه + ۱۰ میلی‌گرم آنتی‌بیوتیک آویلامیسین ۳) جیره غذایی پایه + ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مخلوط اسانس آویشن و پونه کوهی کپسوله به نسبت مساوی ۴) جیره غذایی پایه + ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مخلوط اسانس آویشن و پونه کوهی غیرکپسوله ۵) جیره غذایی پایه + ۲۰۰ میلی‌گرم پروبیوتیک Pronigeb® حاوی *لاکتوباسیلوس روتری*، *پدیوکوکوس اسیدی لاکتیسی* و *باسیلوس سوبتیلیس* با تراکم ۹^۱۰ CFU/gr ۶) جیره غذایی پایه + ۲۰۰ میلی‌گرم پروبیوتیک Pronigeb® + ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مخلوط اسانس آویشن و پونه کوهی غیر کپسوله به نسبت مساوی و ۷) جیره غذایی پایه + ۲۰۰ میلی‌گرم پروبیوتیک Pronigeb® + ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مخلوط اسانس آویشن و پونه کوهی کپسوله بودند. فرمول جیره های آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است. پروبیوتیک به صورت پودری و سرک به جیره اضافه شد و اسانس ها نیز با استفاده از مالتودکسترین به صورت پودر درآمده و به صورت سرک به جیره اضافه شد. پرندگان در طول آزمایش به آب و خوراک به‌صورت آزاد دسترسی داشتند. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از تولیدکننده (باریج اسانس، کاشان، ایران)، ترکیبات اصلی اسانس آویشن شامل: تیمول (۴۹/۷۰ درصد)، گاما-ترپینن (۱۹/۵۵ درصد)، پی-سیمن (۱۱/۸۲ درصد)، کارواکرول (۴/۱۲ درصد)، آلفا- ترپینن (۴/۱۱ درصد)، میریسین (۳/۶۴ درصد)، آلفا-پینن (۳/۱۶ درصد)، لیمونن (۱/۷۳ درصد) و لینالول (۲/۹۲ درصد) بود. ترکیبات غالب در اسانس پونه کوهی شامل: کارواکرول (۶۳/۱۱ درصد)، پی-سیمن (۱۰/۷۲ درصد)، لینالول (۳/۴۲ درصد) و آلفا-ترپینول (۱/۷۳ درصد) بود. پروبیوتیک Pronigeb® از پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست‌فناوری (تهران، ایران) تهیه شد و حاوی *Lactobacillus reuteri*، *Lactobacillus salivarius* و *Pediococcus sp.* به میزان ۱۰^۹ واحد تشکیل‌دهنده کلونی (CFU/g) هر کدام بود. فرآیند ژل‌سازی یونی برای کپسوله‌کردن پونه کوهی و آویشن در نانوذرات کیتوزان طبق توضیحات استویکا[1] و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد. جیره غذایی پایه طبق توصیه کاتالوگ راس ۳۰۸ برای تأمین نیاز جوجه‌ها آماده شد (Aviagen، ۲۰۱۴). در سن ۴۲ روزگی، وزن بدن، مصرف خوراک، ضریب تبدیل غذایی، زنده‌مانی و شاخص تولید اندازه‌گیری شدند (Marcu و همکاران، ۲۰۱۳). درصد لاشه و وزن نسبی چربی حفره بطنی پس از کشتار محاسبه شد. در روز ۲۸ دوره پرورش، ۰/۵ میلی‌لیتر محلول گلبول‌های قرمز گوسفندی ۱۰ درصد (SRBC[2]) به دو جوجه در هر تکرار از طریق رگ بال راست تزریق شد و پس از یک هفته نمونه‌های خون از رگ بال چپ جمع‌آوری شد و سپس عیار IgG اندازه‌گیری شد (Lepage و همکاران، ۱۹۹۶). همچنین در سن ۳۵ روزگی عیار آنتی بادی علیه آنفلوآنزا از طریق

[1] Stoica
[2] Sheep red blood cell

خون‌گیری از ورید بال دو پرنده از هر تکرار به روش مهار هماگلوتیناتسیون (HI) اندازه گیری شد (WHO، ۲۰۰۲). در همین سن، شمارش تفریقی هتروفیل و لنفوسیت با خون‌گیری از دو پرنده در هر تکرار طبق روش گروس و زیگل[3] (۱۹۸۳) انجام شده و شاخص تنش (نسبت هتروفیل به لنفوسیت) محاسبه شد.

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره های مورد استفاده در دوره های مختلف

	۱ تا ۱۰ روزگی	۱۱ تا ۲۴ روزگی	۲۵ تا ۴۲ روزگی
اقلام جیره			
ذرت	۵۱/۸۶	۵۸/۲۰	۶۴/۰۲
روغن گیاهی	۳/۵۳	۴/۲۶	۳/۲۲
کنجاله‌ی سویا	۳۸/۳۵	۲۹/۱۰	۲۹/۱۰
دی–ال متیونین	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۲۵
ال – لیزین	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۱۴
تریونین	۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۱۴
سنگ آهک	۱/۸۰	۰/۹۷	۱/۴۳
پودر ماهی	۲/۱۱	۵/۰۰	۰/۰۰
نمک طعام	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۰
مکمل ویتامینه ویژه[1]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل مینراله ویژه[2]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی کلسیم فسفات	۰/۹۰	۱/۲۳	۰/۹۰
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
ترکیب محاسبه شده			
انرژی (کیلوکالری/کیلوگرم)	۳۰۲۰	۳۱۵۰	۳۲۰۰
پروتئین خام (٪)	۲۳/۱۲	۲۱/۳۰	۱۹/۳۰
لیزین قابل هضم (٪)	۱/۴۴	۱/۲۴	۱/۰۹
متیونین+ سیستئین قابل هضم(٪)	۱/۰۷	۰/۹۵	۰/۸۶
کلسیم (٪)	۱/۰۵	۰/۹۰	۰/۸۵
فسفر در دسترس (٪)	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۲

[1] هر ۲/۵ کیلوگرم از مکمل معدنی حاوی مقادیر خالص ذیل می باشد: منگنز ۶۶۰۰۰ میلی گرم، آهن ۳۳۰۰۰ میلی گرم ، روی ۶۶۰۰۰ میلی گرم، مس ۸۸۰۰ میلی گرم، ید ۹۰۰ میلی گرم، سلنیم ۳۰۰ میلی گرم.

[2] هر ۲/۵ کیلوگرم از مکمل ویتامینه حاوی مقادیر خالص ذیل می باشد: ویتامین A، ۷۷۰۰۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین B_1، ۱۵۰۰ میلی گرم، ویتامین B_2، ۴۴۰۰ میلی گرم، ویتامین B_3، ۵۵۰۰ میلی گرم، ویتامین B_6، ۳۰۰۰ میلی گرم، ویتامین B_{12}، ۸/۸ میلی گرم، ویتامین D_3، ۳۳۰۰۰۰۰ میلی گرم، ویتامین E،

[3] Gross and Siegel

۶۶۰۰ میلی گرم، ویتامین K_3، ۵۵۰ میلی گرم، ویتامین B_9، ۱۱۰ میلی گرم، ویتامین B_5، ۲۲۰۰۰ میلی گرم، ویتامین H_2، ۵۵ میلی گرم، کولین کلراید ۲۷۵۰۰۰ میلی گرم و آنتی اکسیدان ۱۰۰ میلی گرم.

استفاده از تکنیک اولویت‌بندی بر اساس شباهت به راه حل ایده‌آل (TOPSIS)

استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصی[4] (MADM) امروزه مورد توجه زیادی قرار گرفته است (مؤمنی، ۱۳۸۵). بر اساس نظر Hwang و Yoon (۱۹۸۱) تعداد ۱۷ روش تصمیم‌گیری چند شاخصی را می‌توان بر اساس نوع و اهمیت آن‌ها و با توجه به نوع اطلاعات به‌دست آمده، طبقه‌بندی نمود. برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه، باید از مدل‌های تصمیم‌گیری استفاده شود. یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری در این خصوص، مدل TOPSIS[5] است. اساس مدل بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کم‌ترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیش‌ترین فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن)، داشته باشد. نقطه ایده‌آل به عنوان مناسب‌ترین، وزین‌ترین و قابل تصورترین نقطه، تعریف می‌شود. بهترین گزینه، نزدیک‌ترین گزینه به نقطه ایده‌آل خواهد بود (مؤمنی، ۱۳۸۵). فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص، به‌طور یکنواخت، افزایشی یا کاهشی است. برای حل مسأله با این روش، باید مراحل زیر را طی نمود:

۱-کمّی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (N): برای بی‌مقیاس‌سازی، از بی‌مقیاس‌سازی نرمال استفاده می‌شود.

۲- به‌دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V): ماتریس بی‌مقیاس شده (N) در ماتریس قطری وزن‌ها، ضرب می‌شود: $V = N \times W_n$

۳- تعیین راه حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی: راه حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

[بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V] = راه حل ایده‌آل مثبت (V_j^+)

[بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V] = راه حل ایده‌آل منفی(V_j^-)

بهترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین و برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقادیر بوده و بدترین برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین و برای شاخص‌های منفی، بزرگ‌ترین مقادیر هستند.

۴-به دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی: فاصله اقلیدسی هر گزینه تا ایده‌آل مثبت (V_j^+) و ایده‌آل منفی (V_j^-) بر اساس این فرمول‌ها حساب می‌شود.

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \qquad d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2}$$

V_{ij}= مقدار هر گزینه

[4] Multi attribute decision making

[5] Technique for order of preference by similarity to ideal solution

V_j^+= مقدار در گزینه‌ای که حداکثر مقدار را دارد و در این گزینه مقادیر بالاتر، مطلوب‌تر است.

V_j^-= مقدار در گزینه‌ای که حداقل مقدار را دارد و در این گزینه مقادیر کمتر، مطلوب‌تر است.

d_i^+= فاصله هر تیمار تا ایده‌آل مثبت

d_i^-= فاصله هر تیمار تا ایده‌آل منفی

۵-تعیین نزدیکی نسبی (CL) یک گزینه به راه حل ایده‌آل:

$$CL = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

در رتبه‌بندی گزینه‌ها، هر گزینه‌ای که CL آن بزرگ‌ترین عدد باشد، از بقیه گزینه‌ها بهتر است.

نتایج و بحث

جدول۲ ماتریس تصمیم‌گیری برای تعیین بهترین شکل افزودنی گیاهی در آزمایش حاضر را نشان می‌دهد. در این جدول، از معیارهای مصرف خوراک، وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی، زنده مانی، شاخص تولید، ایمونوگلوبولین G، درصد لاشه، چربی حفره بطنی، عیار آنتی بادی علیه آنفلوآنزا و شاخص تنش (نسبت هتروفیل به لنفوسیت) برای تعیین تیمار بهینه استفاده شده است. درصد زنده مانی از ۱۰۰ منهای درصد تلفات محاسبه شد. در جدول ۱، از علامت مثبت برای ویژگی‌هایی که عدد بالاتر آن مطلوب است و از علامت منفی برای ویژگی‌هایی که عدد پایین‌تر آن مطلوب است استفاده شده است.

همچنین برای تعیین تیمار مناسب، برخی ویژگی‌های مهم‌تر دارای ضریب بالاتری بودند؛ به عنوان مثال، برای وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی و شاخص تولید، وزن‌ها به ترتیب ۰/۱۵، ۰/۱۵ و ۰/۲۰ بودند. ضریب مذکور برای مصرف خوراک، درصد لاشه و زنده‌مانی ۰/۱۰ در نظر گرفته شد. برای سایر ویژگی‌ها نیز در این ماتریس ضریب ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. جدول۳ ماتریس نرمال شده را نشان می‌دهد. این نرمال‌سازی به منظور حذف ابعاد منفی و مثبت شاخص‌های کمّی مورد نیاز برای جمع‌آوری ویژگی‌ها انجام شد و برای این منظور از مقیاس نرمال استفاده گردید. از آنجا که داده‌های استفاده شده از این جدول به بعد با روش نرمال‌سازی به‌دست آمده‌اند، در محدوده صفر تا یک قرار داشته و واحدی ندارند. با توجه به اهمیت نسبی شاخص‌ها، وزن‌های نسبی در نظر گرفته شده در جدول ۲ برای هر شاخص در جدول ۴ نشان داده شده و داده‌های به‌دست آمده برای ارزیابی وزن‌های شاخص‌ها ارائه شده است. سپس بر اساس ماتریس تصمیم‌گیری، راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی برای هر شاخص تعیین شد (جدول۵).

نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

جدول۲- صفات مورد بررسی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با تیمارهای مختلف تغذیه ای در سن ۴۲ روزگی

صفت مورد بررسی	وزن زنده (گرم)	خوراک مصرفی (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	لاشه (درصد)	چربی حفره بطنی (درصد)	زنده‌مانی (درصد)	شاخص تولید	عیار آنفلوآنزا	ایمنوگلوبولین G	نسبت هتروفیل به لنفوسیت
شاهد	۲۲۴۷	۳۶۹۹	۱/۶۷	۷۲/۹۸	۱/۱۳	۹۵/۲	۳۰۴	۱۰/۲۶	۲/۵۱	۰/۲۳
آنتی بیوتیک آویلامایسین	۲۳۶۶	۳۹۵۵	۱/۶۹	۷۲/۸۴	۱/۴۱	۹۲/۸	۳۰۹	۱۰/۰۶	۲/۴۷	۰/۲۲
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله شده	۲۳۷۷	۳۷۴۴	۱/۶۱	۷۴/۹۳	۱/۶۸	۹۷/۶	۳۴۳	۹/۶۵	۳/۰۵	۰/۲۲
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله نشده	۲۲۱۴	۳۴۹۹	۱/۶۲	۷۴/۲۹	۱/۳۴	۹۵/۲	۳۱۰	۱۰/۰۳	۲/۵۸	۰/۲۳
پروبیوتیک پرونایجب	۲۳۰۸	۳۵۹۱	۱/۵۸	۷۳/۸۹	۱/۴۱	۹۷/۶	۳۳۹	۱۰/۰۸	۲/۴۸	۰/۲۳
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله نشده + پروبیوتیک پرونایجب	۲۲۷۷	۳۵۴۹	۱/۵۹	۷۳/۹۱	۱/۳۸	۹۵/۲	۳۲۵	۹/۹۳	۲/۱۸	۰/۲۲
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله شده + پروبیوتیک پرونایجب	۲۳۹۳	۳۷۳۷	۱/۵۹	۷۲/۳۴	۱/۴۸	۹۸/۴	۳۵۲	۹/۴۱	۳/۳۲	۰/۲۳
نوع متغیر	+	−	−	+	−	+	+	+	+	−
وزن	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۲۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵

نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

جدول۳- ماتریس نرمال تهیه شده برای جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با تیمارهای مختلف تغذیه‌ای در سن ۴۲ روزگی

صفت مورد بررسی	وزن زنده (گرم)	خوراک مصرفی (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	لاشه (درصد)	چربی حفره بطنی (درصد)	زنده مانی (درصد)	شاخص تولید	عیار آنفلوآنزا	ایمنوگلوبولین G	نسبت هتروفیل به لنفوسیت
شاهد	۰/۳۶۷۲	۰/۳۷۹۴	۰/۳۸۹۲	۰/۳۷۴۸	۰/۳۰۲۴	۰/۳۷۴۷	۰/۳۵۱۹	۰/۳۹۰۹	۰/۳۵۴۰	۰/۳۸۵۰
آنتی بیوتیک آویلامایسین	۰/۳۸۶۷	۰/۴۰۵۷	۰/۳۹۳۸	۰/۳۷۴۱	۰/۳۷۷۳	۰/۳۶۵۳	۰/۳۵۷۷	۰/۳۸۳۳	۰/۳۴۸۳	۰/۳۶۸۳
اسانس کپسوله شده پونه کوهی و آویشن	۰/۳۸۸۵	۰/۳۸۴۰	۰/۳۷۵۲	۰/۳۸۴۸	۰/۴۴۹۵	۰/۳۸۴۲	۰/۳۹۷۱	۰/۳۶۷۶	۰/۴۳۰۱	۰/۳۶۸۳
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله نشده	۰/۳۶۱۸	۰/۳۵۸۹	۰/۳۷۷۵	۰/۳۸۱۵	۰/۳۵۸۶	۰/۳۷۴۷	۰/۳۵۷۹	۰/۳۸۲۱	۰/۳۶۳۸	۰/۳۸۵۰
پروبیوتیک پرونایجب	۰/۳۷۷۲	۰/۳۶۸۳	۰/۳۶۸۲	۰/۳۷۹۴	۰/۳۷۷۳	۰/۳۸۴۲	۰/۳۹۲۵	۰/۳۸۴۰	۰/۳۴۹۷	۰/۳۸۵۰
اسانس کپسوله نشده پونه کوهی و آویشن+ پروبیوتیک پرونایجب	۰/۳۷۲۱	۰/۳۶۴۰	۰/۳۷۰۵	۰/۳۷۹۵	۰/۳۶۹۳	۰/۳۷۴۷	۰/۳۷۶۳	۰/۳۷۸۳	۰/۳۰۷۴	۰/۳۶۸۳
اسانس کپسوله شده پونه کوهی و آویشن+ پروبیوتیک پرونایجب	۰/۳۹۱۱	۰/۳۸۳۳	۰/۳۷۰۵	۰/۳۷۱۵	۰/۳۹۶۰	۰/۳۸۷۳	۰/۴۰۷۵	۰/۳۵۸۵	۰/۴۶۸۲	۰/۳۸۵۰

نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

جدول۴- ماتریس وزنی تهیه شده برای جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با تیمارهای مختلف تغذیه‌ای

صفت مورد بررسی	وزن زنده (گرم)	خوراک مصرفی (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	لاشه (درصد)	چربی حفره بطنی (درصد)	زنده مانی (درصد)	شاخص تولید	عیار آنفلوآنزا	ایمنوگلوبولین G	نسبت هتروفیل به لنفوسیت
شاهد	۰/۰۵۵۱	۰/۰۳۷۹	۰/۰۵۸۴	۰/۰۳۷۵	۰/۰۱۵۱	۰/۰۳۷۵	۰/۰۷۰۴	۰/۰۱۹۵	۰/۰۱۷۷	۰/۰۱۹۳
آنتی بیوتیک آویلامایسین	۰/۰۵۸۰	۰/۰۴۰۶	۰/۰۵۹۱	۰/۰۳۷۴	۰/۰۱۸۹	۰/۰۳۶۵	۰/۰۷۱۵	۰/۰۱۹۲	۰/۰۱۷۴	۰/۰۱۸۴
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله شده	۰/۰۵۸۳	۰/۰۳۸۴	۰/۰۵۶۳	۰/۰۳۸۵	۰/۰۲۲۵	۰/۰۳۸۴	۰/۰۷۹۴	۰/۰۱۸۴	۰/۰۲۱۵	۰/۰۱۸۴
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله نشده	۰/۰۵۴۳	۰/۰۳۵۹	۰/۰۵۶۶	۰/۰۳۸۱	۰/۰۱۷۹	۰/۰۳۷۵	۰/۰۷۱۸	۰/۰۱۹۱	۰/۰۱۸۲	۰/۰۱۹۳
پروبیوتیک پرونایجب	۰/۰۵۶۶	۰/۰۳۶۸	۰/۰۵۵۲	۰/۰۳۷۹	۰/۰۱۸۹	۰/۰۳۸۴	۰/۰۷۸۵	۰/۰۱۹۲	۰/۰۱۷۵	۰/۰۱۹۳
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله نشده + پروبیوتیک پرونایجب	۰/۰۵۵۸	۰/۰۳۶۴	۰/۰۵۵۶	۰/۰۳۸۰	۰/۰۱۸۵	۰/۰۳۷۵	۰/۰۷۵۳	۰/۰۱۸۹	۰/۰۱۵۴	۰/۰۱۸۴
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله شده + پروبیوتیک پرونایجب	۰/۰۵۸۷	۰/۰۳۸۳	۰/۰۵۵۶	۰/۰۳۷۱	۰/۰۱۹۸	۰/۰۳۸۷	۰/۰۸۱۵	۰/۰۱۷۹	۰/۰۲۳۴	۰/۰۱۹۳

جدول۵- ماتریس ایده ال منفی و مثبت برای ارزیابی عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با تیمارهای مختلف تغذیه‌ای

صفت مورد بررسی	وزن زنده (گرم)	خوراک مصرفی (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	لاشه (درصد)	چربی حفره بطنی (درصد)	زنده مانی (درصد)	شاخص تولید	عیار آنفلوآنزا	ایمنوگلوبولین G	نسبت هتروفیل به لنفوسیت
ایده آل مثبت	۰/۰۵۸۷	۰/۰۳۵۹	۰/۰۵۵۲	۰/۰۳۸۵	۰/۰۱۵۱	۰/۰۳۸۷	۰/۰۸۱۵	۰/۰۱۹۵	۰/۰۲۳۴	۰/۰۱۸۴
ایده آل منفی	۰/۰۵۴۳	۰/۰۴۰۶	۰/۰۵۹۱	۰/۰۳۷۱	۰/۰۲۲۵	۰/۰۳۶۵	۰/۰۷۰۴	۰/۰۱۷۹	۰/۰۱۵۴	۰/۰۱۹۳

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی به شرح زیر تعریف می‌شوند: بهترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت بزرگ‌ترین و برای شاخص‌های منفی کوچک‌ترین و بدترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت کوچک‌ترین و برای شاخص‌های منفی، بزرگ‌ترین هستند. سپس به منظور به‌دست آوردن فاصله هر گزینه از ایده‌آل‌های مثبت و منفی، فرمول‌های بیان شده در بخش مواد و روش‌ها استفاده شد که نتایج آن‌ها در جدول۶ نشان داده شده است.

جدول۶- تعیین فاصله بین مقادیر و راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی برای ارزیابی عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با تیمارهای مختلف تغذیه‌ای

صفت مورد بررسی	ایده ال مثبت	ایده ال منفی
شاهد	۰/۰۱۳۷	۰/۰۰۸۴
آنتی بیوتیک آویلامایسین	۰/۰۱۳۹	۰/۰۰۵۹
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله شده	۰/۰۰۸۴	۰/۰۱۲۴
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله نشده	۰/۰۱۲۴	۰/۰۰۷۹
پروبیوتیک پرونایجب	۰/۰۰۸۰	۰/۰۱۱۱
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله نشده + پروبیوتیک پرونایجب	۰/۰۱۱۲	۰/۰۰۸۷
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله شده + پروبیوتیک پرونایجب	۰/۰۰۵۸	۰/۰۱۵۴

جدول ۶ نزدیکی نسبی یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل را نشان می‌دهد. در این جدول، هر گزینه‌ای که بزرگ‌تر باشد نسبت به دیگری مطلوب‌تر است. طبق نتایج این جدول، پرندگانی که پروبیوتیک همراه با پونه کوهی و آویشن کپسوله‌شده دریافت کرده بودند بالاترین امتیاز را از نظر ویژگی‌های مورد مطالعه در بین گروه های آزمایشی کسب کردند و در رتبه‌های بعدی، گروه دریافت‌کننده پونه کوهی و آویشن کپسوله‌شده و پس از آن گروه مصرف کننده پروبیوتیک قرار داشتند.

جدول ۷-ضریب نزدیکی محاسبه شده برای ارزیابی عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با تیمارهای مختلف تغذیه‌ای

صفت مورد بررسی	ضریب نزدیکی(درصد)
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله شده + پروبیوتیک پرونایجب	۷۲/۷۸
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله شده	۵۹/۵۳
پروبیوتیک پرونایجب	۵۷/۹۹
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله نشده + پروبیوتیک پرونایجب	۴۳/۵۸
اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله نشده	۳۸/۸۱
شاهد	۳۸/۲۰
آنتی بیوتیک آویلامایسین	۲۹/۸۳

این نتایج با نتایج مطالعه قبلی همخوانی داشت که نشان می‌دهد تغذیه پرندگان با جیره غذایی حاوی اسانس کپسوله‌شده به تنهایی یا همراه با پروبیوتیک می‌تواند عملکرد رشد، پاسخ‌های ایمنی و ریخت‌شناسی روده را در جوجه‌های گوشتی بهبود دهد (حیدریان و همکاران، ۲۰۲۰). افزودن پروبیوتیک به جیره‌ی جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری بر ضریب تبدیل خوراک مصرفی نداشت (مونتزوریس و همکاران،۲۰۰۷). در پژوهشی دیگر گزارش شد پرندگانی که جیره‌های غذایی حاوی ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تیمول و کارواکرول دریافت کردند، عملکرد رشد و ریخت شناسی روده بهتری داشتند (Li و همکاران،۲۰۲۳). روان[6] و همکاران (۲۰۲۱) دریافتند که افزودن ۱۵۰ یا ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس آویشن به جیره غذایی، به‌طور معناداری مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی را افزایش داد . یوسف[7] و همکاران (۲۰۲۱) مشاهده کردند که مکمل‌سازی با ترکیبی از اسانس‌های اوکتاگون، رزماری و آویشن در سطح ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی، به‌طور معناداری وزن بدن را در جوجه‌ها در سنین ۲۲ تا ۴۲ روزگی افزایش داد. ژانگ[8] و همکاران (۲۰۲۱) همچنین دریافتند که مکمل‌سازی غذایی با اسانس آویشن طبیعی یا سنتزی، افزایش وزن روزانه را افزایش و ضریب تبدیل غذایی را در جوجه‌ها در سنین ۱ تا ۲۱ روزگی نسبت به گروه کنترل کاهش داد .

کوینن[9] و همکاران (۲۰۰۴) و ماتیوانان و کالیاراسی[10] (۲۰۰۷) گزارش کردند که پاسخ‌های ایمنی با استفاده از پروبیوتیک‌ها، داروها و اسانس‌های گیاهی در جیره افزایش می‌یابد که با نتایج به دست آمده در این مطالعه

[6] Ruoan
[7] Youssef
[8] Zhang
[12] Koenen
[13] Mathivanan and Kalaiarasi

مطابقت دارد. هاشمی‌پور[11] و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند جیره‌های حاوی اسانس پونه کوهی و کارواکرول باعث افزایش پاسخ‌های ایمنی سلولی و هومورال در جوجه‌های گوشتی شد. اثرات متقابل افزایشی بین اسانس‌های گیاهی و پروبیوتیک‌ها وجود دارد، به نظر می‌رسد پروبیوتیک‌ها باعث فعالیت‌های پایداری سیستم ایمنی بدن می‌شوند (پاتوری[12] و همکاران، ۲۰۰۷). مطالعه لی و همکاران(۲۰۲۳) نشان داد که غلظت‌های سرمی IgE و IgG جوجه‌های گوشتی در سن ۲۱ روزگی به‌طور خطی با افزایش سطوح مکمل‌سازی تیمول و کارواکرول افزایش یافت. محیطی‌اصلی و قناعت‌پرست‌رشتی (۲۰۱۷) نیز دریافتند که جوجه‌های گوشتی که ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس آویشن دریافت داشتند، دارای عیارهای بالاتر IgG و عیارهای کل آنتی‌بادی بالاتری نسبت به جوجه‌های گوشتی دریافت کننده جیره شاهد را بودند.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصله گروه تغذیه شده با اسانس پونه کوهی و آویشن کپسوله شده + پروبیوتیک پرونایجب (حاوی *لاکتوباسیلوس روتری*، *پدیوکوکوس اسیدی لاکتیسی* و *باسیلوس سوبتیلیس* با تراکم ۱۰^۹CFU/gr) دارای بالاترین وزن بدن در سن ۴۲ روزگی، درصد ماندگاری، شاخص تولید و عیار ایمنوگلوبولین G بود که این امر نشان‌دهنده اثرات متقابل مثبت بین پروبیوتیک و اسانس گیاه دارویی آویشن و پونه کوهی کپسوله شده است. از طرف دیگر استفاده از روش تصمیم گیری چندشاخصی برپایه تاپسیس (TOPSIS) نشان داد که پرندگانی که پروبیوتیک همراه با پونه کوهی و آویشن کپسوله‌شده دریافت کردند، بالاترین امتیاز مدیریتی را از نظر ویژگی‌های مورد مطالعه در بین گروه‌های آزمایشی کسب کردند و ترکیب مذکور می‌تواند به‌عنوان افزودنی مناسب در جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی توصیه شود.

منابع

مؤمنی، م. (۱۳۸۵). مباحث نوین تحقیق در عملیات (چاپ اول)، انتشارات دانشگاه تهران. ص. ۱۸۰.

Abdelli, N., Solà-Oriol, D., & Pérez, J. F. (2021). Phytogenic Feed Additives in Poultry: Achievements, Prospective and Challenges. Animals, 11(12), 3471. https://doi.org/10.3390/ani11123471

Allan-Wojtas, P., Hansen, L. T., & Paulson, A. (2008). Microstructural studies of probiotic bacteria-loaded alginate microcapsules using standard electron microscopy techniques and anhydrous fixation. LWT-Food Science Technology, 41, 101-108.

Adi, P. T. K., Sugiharti, E. and Alamsyah, A. (2018). Comparison between SAW and Topsis methods in selection of broiler chicken meat quality. Scientific Journal of Informatics, 5(1): 90.

Attia, Y. A., Bakhashwain, A. A. and Bertu, N. K. (2017). Thyme oil (Thyme vulgaris L.) as a natural growth promoter for broiler chickens reared under hot climate. Italian Journal of Animal

11Hashemipour

12Paturi

نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

Science, 16(2): 275-282.
Aviagen. (2014). Ross 308 broiler nutrition specification manual. Midhlotian (UK): Aviagen
Awad, W. A., Ghareeb, K., Abdel-Raheem, S. and Böhm, J. (2009). Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. Poultry Science, 88 (1): 49-56.

Bai, K., Huang, Q., Zhang, J., He, J., Zhang, L. and Wang, T. (2017). Supplemental effects of probiotic *Bacillus subtilis* fmbJ on growth performance, antioxidant capacity, and meat quality of broiler chickens. Poultry Science, 96 (1): 74-82.

Bilia, A. R., Guccione, C., Isacchi, B., Righeschi, C., Firenzuoli, F. and Bergonzi, M. C. (2014). [Retracted] Essential oils loaded in nanosystems: A developing strategy for a successful therapeutic approach. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2014 (1): 651593.

Faseleh Jahromi, M., Wesam Altaher, Y., Shokryazdan, P., Ebrahimi, R., Ebrahimi, M., Idrus, Z. and Liang, J. B. (2016). Dietary supplementation of a mixture of *Lactobacillus* strains enhances performance of broiler chickens raised under heat stress conditions. International Journal of Biometeorology, 60:1099-1110.
Gaggìa, F., Mattarelli, P. and Biavati, B. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. International journal of food microbiology, 141: S15-S28.
Galal, A. A. A. E., El-Araby, I. E., Hassanin, O. and Omar, A. E. (2016). Positive impact of oregano essential oil on growth performance, humoral immune responses and chicken interferon alpha signaling pathway in broilers. Advances in Animal and Veterinary Sciences, 4 (1): 57-65.
Gross, W. B. and Siegel, H. S. (1983). Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. Avian Diseases, 972-979.
Hashemipour, H., Kermanshahi, H., Golian, A. And Veldkamp T. (2013). Effect of thymol and carvacrol feed supplementation on performance, antioxidant enzyme activities, fatty acid composition, digestive enzyme activities, and immune response in broiler chickens. Poultry Science, 92: 2059-2069. DOI: 10.3382/ps.2012-02685
Heydarian, M., Ebrahimnezhad, Y., Meimandipour, A., Hosseini, S. A. and Banabazi, M. H. (2020). Effects of dietary inclusion of the encapsulated thyme and oregano essential oils mixture and probiotic on growth performance, immune response and intestinal morphology of broiler chickens. Poultry Science Journal, 8 (1): 17-25.
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., Meimandipour, A., Lotfollahian, H. and Aghashahi, A. R. (2014). Choosing a commercial broiler strain based on multicriteria decision analysis. Poultry Science Journal, 2 (1): 51-60.
Hwang, C.L. and Yoon,K. (1981). Multi attribute decision making: methods and applications. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
Koenen, M. E., Kramer, J., Van der hulst, R., Heres, L., Jeurissenand, S. H. M. and Boersma.W. J. A. (2004). Immunomodulation by probiotic lactobacilli in layer- and meat-type chickens. British Journal of Poultry Science, 45: 355-366.
Lepage, K. T., Bloom, S. E. and Taylor Jr, R. L. (1996). Antibody response to sheep red blood cells in a major histocompatibility (B) complex aneuploid line of chickens. Poultry Science, 75 (3): 346-350.

نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

Li, L., Chen, X., Zhang, K., Tian, G., Ding, X., Bai, S. and Zeng, Q. (2023). Effects of thymol and carvacrol eutectic on growth performance, serum biochemical parameters, and intestinal health in broiler chickens. Animals, 13 (13): 2242.
Liao, W., Badri, W., Dumas, E., Ghnimi, S., Elaissari, A., Saurel, R., & Gharsallaoui, A. (2021). Nanoencapsulation of essential oils as natural food antimicrobial agents: An overview. Applied Sciences, 11(13), 5778.
Marcu, A., Vacaru-Opriş, I., Dumitrescu, G., Ciochină, L. P., Marcu, A., Nicula, M. and Mariş, C. (2013). The influence of genetics on economic efficiency of broiler chickens' growth. Animal Science and Biotechnologies, 46 (2): 339-346.
Mathivanan, R. and Kalaiarasi, K. (2007). Panchagavya and andrographis panculata as alternatives to antibiotic growth promoters on hematological, serum biochemical parameters and immune status of broilers. Poultry Science Journal, 44: 198-204.
Manojlović, V., Nedović, V. A., Kailasapathy, K., & Zuidam, N. J. (2010). Encapsulation of probiotics for use in food products. In Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing Springer, 269-302.
Mathlouthi, N., Bouzaienne, T., Oueslati, I., Recoquillay, F., Hamdi, M., Urdaci, M. and Bergaoui, R. (2012). Use of rosemary, oregano, and a commercial blend of essential oils in broiler chickens: in vitro antimicrobial activities and effects on growth performance. Journal of animal science, 90 (3): 813-823.
Meimandipour, A., Hosseini, S. A., Lotfolahian, H., Hosseini, S. J., Hosseini, S. H. and Sadeghipanah, H. (2012). Multiattribute decision-making: use of scoring methods to compare the performance of laying hen fed with different levels of yeast. Italian Journal of Animal Science, 11 (1): e15.
Mohiti-Asli, M. and Ghanaatparast-Rashti, M. (2017). 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.
Mountzouris, K., Tsirtsikos, P., Kalamara, E., Nitsch, S., Schatzmayr, G. and Fegeros, K. (2007). Evaluation of the efficacy of a probiotic containing *Lactobacillus, Bifidobacterium, Enterococcus, and Pediococcus* strains in promoting broiler performance and modulating cecal microflora composition and metabolic activities. Poultry science, 86: 309-317.
Paturi, G., Phillips, M., Jones, M. and Kailasapathy, K. (2007). Immune enhancing effects of *Lactobacillus acidophilus* LAFTI L10 and *Lactobacillus paracasei* LAFTI L26 in mice. International Journal of Food Microbiology, 115: 115-118.DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2006.10.007
Roush, W. B. and Cravener, T. L. (1990). Evaluation of colony size and cage space for laying hens (Gallus domesticus) using fuzzy decision analysis. Poultry Science, 69 (9): 1480-1484.
Ruan, D., Fan, Q., Fouad, A. M., Sun, Y., Huang, S., Wu, A. and Jiang, S. (2021). Effects of dietary oregano essential oil supplementation on growth performance, intestinal antioxidative capacity, immunity, and intestinal microbiota in yellow-feathered chickens. Journal of Animal Science, 99 (2): skab033.
Seidavi, A., Dadashbeiki, M., Alimohammadi-Saraei, M. H., van den Hoven, R., Payan-Carreira, R., Laudadio, V. and Tufarelli, V. (2017). Effects of dietary inclusion level of a mixture of probiotic cultures and enzymes on broiler chickens' immunity response. Environmental Science and Pollution Research, 24: 4637-4644.

Sengül, T., Yurtseven, S., Cetin, M., Kocyigit, A. and Sögüt, B. (2008). Effect of thyme (T. vulgaris) extracts on fattening performance, some blood parameters, oxidative stress and DNA damage in Japanese quails. Journal of Animal and Feed Sciences, 17 (4): 608-620.
Simitzis, P. E. (2017). Enrichment of animal diets with essential oils—a great perspective on improving animal performance and quality characteristics of the derived products. Medicines, 4 (2): 35.
Sousa, V. I., Parente, J. F., Marques, J. F., Forte, M. A., & Tavares, C. J. (2022). Microencapsulation of essential oils: A review. Polymers, 14(9), 1730.
Stoica, R., Şomoghi, R. and Ion, R. M. (2013). Preparation of chitosan-tripolyphosphate nanoparticles for the encapsulation of polyphenols extracted from rose hips. Digest Journal of Nanomaterials & Biostructures (DJNB) 8 (3).
Tabidi, M. H., Mukhtar, A. M. and Mohammed, H. I. (2013). Effects of probiotic and antibiotic on performance and growth attributes of broiler chicks. Global Journal of Medicinal Plant Research, 1 (1): 136-142.
World Health Organization (WHO). (2002). WHO manual on animal influenza diagnosis and surveillance (No. WHO/CDS/CSR/NCS/2002.5). World Health Organization.
Youssef, I. M., Männer, K. and Zentek, J. (2021). Effect of essential oils or saponins alone or in combination on productive performance, intestinal morphology and digestive enzymes' activity of broiler chickens. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 105 (1): 99-107.
Zhang, L. Y., Peng, Q. Y., Liu, Y. R., Ma, Q. G., Zhang, J. Y., Guo, Y. P. and Zhao, L. H. (2021). Effects of oregano essential oil as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance, antioxidant status, and intestinal health of broilers. Poultry science, 100 (7): 101163.

نسخه پیش از انتشار ، نشریه علوم دامی

Using the TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) multi-criteria decision-making method for selecting growth promoters in broiler chicken diets

Abstract

This study aimed to identify the best growth stimulant combination using thyme and oregano essential oils (encapsulated and non-encapsulated) with or without probiotics in broiler chicken diets. A total of 840 one-day-old Ross 308 broiler chicks were randomly assigned to seven treatments, each with five replicates of 24 birds. The treatments included: 1) basal diet (control), 2) basal diet + 10 mg Avilamycin (antibiotic), 3) basal diet + 200 mg/kg encapsulated thyme and oregano oils, 4) basal diet + 200 mg/kg non-encapsulated thyme and oregano oils, 5) basal diet + 200 mg/kg probiotic Pronigeb® (containing *Lactobacillus reuteri*, *Pediococcus acidilactici* and *Bacillus subtilis* with 10^9 CFU/gr , 6) basal diet + 200 mg/kg Pronigeb® + 200 mg/kg non-encapsulated oils, and 7) basal diet + 200 mg/kg Pronigeb® + 200 mg/kg encapsulated oils. Data on body weight, feed intake, feed conversion ratio, survival rate, production index, carcass yield, abdominal fat, antibody titer against influenza, stress index (heterophil-to-lymphocyte ratio), and serum immunoglobulin G were collected. The TOPSIS method was used to evaluate the optimal treatment. Results showed that the combination of Pronigeb® and encapsulated thyme and oregano oils achieved the highest management score, making it the recommended additive for broiler diets.

Keywords: Broiler; Encapsulation; Multiple attribute decision making technique; Oregano essential oil; Probiotic; Thyme essential oil