



## The Effect of Cinnamon Nanoparticles Produced with Ultrasonic Waves on Growth Performance, Digestive Enzyme Activity, Thyroid Hormone Levels, and Ileal Bacterial Population in Broiler Chickens

Mokhtar Fathi<sup>1\*</sup>, Ali Hashem Mohammad<sup>2</sup>, Kianoosh Zarrinkavyani<sup>2</sup>, Zahra Biranvand<sup>3</sup>

1- Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.

2- Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

3- Department of Animal Science, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran

\*Corresponding Author's Email: [Mokhtarfathu@pnu.ac.ir](mailto:Mokhtarfathu@pnu.ac.ir)

### How to cite this article:

Received: 21-01-2025  
Revised: 12-03-2025  
Accepted: 28-04-2025  
Available Online: 29-07-2025

Fathi, M., Hashem Mohammad, A., Zarrinkavyani, K., & Biranvand, Z. (2025). The effect of cinnamon nanoparticles produced with ultrasonic waves on growth performance, digestive enzyme activity, thyroid hormone levels, and ileal bacterial population in broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 17(2), 193-203. (in Persian with English abstract)  
<http://doi.org/10.22067/ijasr.2025.91679.1231>

**Introduction:** Today, the tendency to find healthy and safe additives in livestock and poultry has increased. Plants and their products include plant extracts, essential oils or their ingredients, including alternative growth stimuli, which are due to their antimicrobial properties in the animal feed industry and in the field of testing. Cinnamon is a plant from the Lauraceae family and has different species, the most famous of which are two species: species, *Cinnamomum*, known as the Cinnamon, *Cinnamomum Market*, is one of the most desirable types of cinnamon, and the species, *Cinnamomum Cassia*, which is mainly in China, Vietnam and Indonesia, is called Cinnamon China and Saigon. These two types of cinnamon are not the same in quality, but due to their many similarities in terms of properties and perfumes, in most parts of the world they do not differentiate for these two types of cinnamon. Cinnamon is commonly used in the animal feed and poultry because of its specific fragrance cinnamon essential oil is the only important part of cinnamon that contains 1 % in the plant. The main ingredients of cinnamon cinnamaloids, hydroxy cinnamaldehy, eugenol, safrol, cinnamil acetate, cinnamyl alcohol, carvacrol, coumarin, terpenoids, phenylpropanoids, and karyophylline can be used to treat insulin-like activity. Cinnamon essential oils are responsible for the taste, the expansion of anti-inflammatory, antimicrobial and antioxidant activity. The researchers consider the antioxidant effect of cinnamon to be more related to the two compounds of eugenol and methyl hydroxy chalcon. Eugenol improves the activity of glutathione peroxidase and enhances resuscitated glutathione. It has shown that cinnamon extract prevents the growth of some bacteria, such as *Helicobacter Pylori*, *E. Coli*, *Enterococcus*, *Sinodomonas*, *Staphylococcus* and *Salmonella*, thereby increasing the relative population of the *Lactobacillus*. It is guessing that terpenoids and phenylpropanoids in cinnamon oil are penetrated into the membrane of the bacteria and thus destroy them. In another study, cinnamon antimicrobial properties attributed to the contents of cinnamady, eugenol and carvacrol. In spite of the enormous



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

 <http://doi.org/10.22067/ijasr.2025.91679.1231>

impact of cinnamon compounds, limited absorption, rapid metabolism, high solubility and the rapid elimination of the biological systemic system is extremely limited and thus strictly limited its medicinal role. One of the suggested ways is to use cinnamon in the form of nanoparticles that can enhance the absorption, solubility and protection of its compounds against hydrolysis. Therefore, the main purpose of this study was to evaluate nanocinomon (nanoparticles of dry cinnamon extract) on the function of the meat chickens.

**Materials and Methods:** A study was conducted to investigate the effects of cinnamon nanoparticles on growth performance, digestive enzyme activity, thyroid hormone levels, and ileum bacterial population in broiler chickens. A total 500 of broiler chickens ROSS 308 in a completely random design to five treatments, each treatment was assigned in five repetitions with 20 one -day -old chickens. Five experimental treatments included: 1- control (fed with basal diet) and 2, 3, 4 and 5 treatments were the basal diet plus 150, 300, 450 and 600 mg of cinnamon nanoparticles per kg of feed, respectively. Ultrasonic method was used to synthesize synthesis.

**Results and Discussion:** The results showed that the supplementation of cinnamon nanoparticles significantly increased feed consumption, increased weight gain, and reduced feed conversion ratio and mortality ( $P < 0.05$ ). The best growth performance was found in 450 mg of cinnamon nanoparticles group. The results of the effect of cinnamon nanoparticles of the digestive enzymes also showed that cinnamon nanoparticles had a significant effect on increased secretion of gastrointestinal enzymes, and the highest levels of digestive enzymes in the serum was found in 450 mg nanoparticles cinemaon group ( $P < 0.05$ ). The results for thyroid hormones indicated that cinnamon nanoparticles did not significantly affect serum TSH levels. However, they significantly reduced serum T3 levels and increased T4 levels ( $P < 0.05$ ). Additionally, analysis of the intestinal microbiota in broiler chickens showed that cinnamon supplementation reduced the population of *E. coli* and significantly increased the population of *Lactobacillus* bacteria ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** Generally, the results of this study showed that the use of cinnamon nanoparticles at 450 mg can improve performance by increasing feed consumption, increased digestive enzyme secretion and improved the intestinal microbial population and improved performance.

**Keywords:** Bacterial population, Cinnamon nanoparticles, Chickens, Digestive enzymes, Growth, Thyroid hormones

## بررسی تأثیر نانوذرات سینامون تولیدی با امواج فراصوت بر عملکرد رشد، آنزیم‌های گوارشی، سطح هورمون‌های تیروئیدی و جمعیت باکتریایی ایلئوم در جوجه‌های گوشتی

مختار فتحی<sup>۱\*</sup>، علی هاشم محمد<sup>۲</sup>، کیانوش زرین کاویانی<sup>۲</sup>، زهرا بیرانوند<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۸

### چکیده

مطالعه‌ای به منظور بررسی اثرات نانوذرات سینامون تولیدشده به روش امواج فراصوت بر عملکرد رشد، فعالیت آنزیم‌های ترشحاتی، سطح سرمی هورمون‌های تیروئیدی و جمعیت باکتریایی ایلئوم در جوجه‌های گوشتی انجام شد. تعداد ۵۰۰ قطعه جوجه گوشتی سویه رأس ۳۰۸ در یک طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار، هر تیمار در پنج تکرار دارای ۲۰ جوجه یک‌روزه اختصاص داده شد. پنج تیمار آزمایشی شامل: ۱- شاهد (تغذیه شده با جیره پایه) و تیمارهای ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب دریافت‌کننده جیره پایه به‌علاوه سطوح ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم نانوذرات سینامون در کیلوگرم خوراک بودند. برای سنتز نانوذرات سینامون از روش امواج فراصوت (اولتراسونیک) استفاده شد. نتایج نشان داد که مکمل‌سازی نانوذرات سینامون به‌طور معنی‌داری باعث افزایش خوراک مصرفی، افزایش وزن حاصله و کاهش ضریب تبدیل خوراک و تلفات شد ( $P < 0.05$ ). بهترین عملکرد رشد مربوط به گروه ۴۵۰ میلی‌گرم نانوذرات سینامون در کیلوگرم خوراک بود. نتایج حاصل از تأثیر نانوذرات سینامون بر سطح آنزیم‌های گوارشی نیز نشان داد که نانوذرات سینامون تأثیر معنی‌داری بر افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی لیپاز و آمیلاز داشته و بالاترین سطح آنزیم‌های گوارشی در سرم مربوط به گروه ۴۵۰ میلی‌گرم نانوذرات سینامون بود ( $P < 0.05$ ). نتایج مربوط به هورمون‌های تیروئیدی نشان داد که نانوذرات سینامون بدون تأثیر معنی‌دار بر سطح سرمی هورمون TSH، به‌طور معنی‌داری سبب کاهش سطح سرمی T3 و افزایش سطح T4 شد ( $P < 0.05$ ). علاوه بر این نتایج شمارش باکتری‌های روده جوجه‌های گوشتی نشان داد که مکمل‌سازی سینامون سبب کاهش جمعیت باکتری‌های *E. coli* و افزایش معنی‌داری جمعیت باکتری‌های *Lactobacillus* روده جوجه‌های گوشتی شد ( $P < 0.05$ ). به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از نانوذرات سینامون تولیدی با استفاده از امواج فراصوت در سطح ۴۵۰ میلی‌گرم می‌تواند از طریق افزایش خوراک مصرفی، افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی و بهبود جمعیت میکروبی روده، سبب بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی شود.

واژه‌های کلیدی: راس ۳۰۸، فلور میکروبی روده، کارآیی، متابولیسم هورمونی، نانو قتیوبوتیک

### مقدمه

امروزه به‌طور گسترده تمایل به یافتن افزودنی‌های سالم و بی‌خطر در پرورش دام و طیور افزایش یافته است. گیاهان و فرآورده‌های

آن‌ها شامل عصاره‌های گیاهی، اسانس‌ها و یا مواد تشکیل‌دهنده آن‌ها از جمله محرک‌های رشد جایگزین هستند که به‌علت خصوصیات ضد میکروبی که دارند در صنعت خوراک دام و طیور مورد آزمایش قرار گرفته‌اند (Behrooz Lak et al., 2014).

دارچین (*Cinnamomum verum*) گیاهی است از خانواده Lauraceae و گونه‌های مختلفی دارد که معروف‌ترین آن‌ها دو گونه اند: گونه *Cinnamomum verum* که در بازار تجارت به نام دارچین سیلان معروف است و از مرغوب‌ترین انواع دارچین است و گونه *Cinnamomum cassia* که رویشگاه آن عمدتاً در چین، ویتنام و اندونزی است و در بازار به نام دارچین چین و سایگون نامیده می‌شود.

۱- گروه علوم دامی، دانشکده فنی-مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران  
۲- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران  
۳- بخش علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران  
(\*) نویسنده مسئول: (Email: [Mokhtarfathi@pnu.ac.ir](mailto:Mokhtarfathi@pnu.ac.ir))

هدف اصلی اجرای این تحقیق، ارزیابی نانوسینامون تولید به کمک روش فراصوت (نانو ذرات عصاره خشک دارچین) بر عملکرد جوجه-های گوشتی بود.

## مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، تعداد ۵۰۰ قطعه جوجه نر یک‌روزه گوشتی سویه رأس ۳۰۸ با میانگین وزنی  $43 \pm 2$  گرم در قالب طرح کاملاً تصادفی به پنج تیمار آزمایشی، پنج تکرار و ۲۰ قطعه جوجه در هر تکرار (واحد آزمایشی) اختصاص داده شد. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) شاهد (بدون هر افزودنی)، تیمارهای ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب جیره پایه به علاوه سطوح ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ میلی گرم نانوذرات سینامون در کیلوگرم خوراک بودند. جوجه‌های گوشتی در هر واحد آزمایشی روی بستری از پوشال در قفس زمینی به طول ۲/۲ متر عرض یک و ارتفاع یک متر به مدت ۴۲ روز پرورش داده شدند. در سه روز ابتدایی پرورش، از آب‌خوری کله قندی و بعد از آن تا پایان دوره از آب‌خوری نیپل استفاده شد. برای هر قفس به طور جداگانه یک مخزن آب در بسته ۱۰ لیتری مدرج تعبیه شد. جیره پایه براساس جیره‌های آزمایشی در هر مرحله (آغازین، ۱۰-۰ روزگی، رشد، ۲۴-۱۱ روزگی و پایانی، ۲۵-۴۲ روزگی) براساس راهنمای پرورش جوجه گوشتی راس ۳۰۸ بر پایه ذرت-سویا و با استفاده از ترکیب شیمیایی اقلام خوراکی طبق جداول انجمن تحقیقات ملی آمریکا (۱۹۹۴) توسط نرم‌افزار جیره‌نویسی UFFDA تنظیم شدند. مواد خوراکی تشکیل‌دهنده و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است. برنامه دمایی، تهویه و رطوبت برای تمام تیمارهای آزمایشی یکسان و مطابق پیشنهادات سویه راس ۳۰۸ برای دوره‌های زمانی مختلف تنظیم گردید. برنامه واکسیناسیون بیماری نیوکاسل در روزهای ۷، ۱۷ و ۲۸ روزگی و واکسیناسیون بیماری گامبورو در ۱۴ روزگی در آب آشامیدنی انجام شد.

## سنتز نانوذرات سینامون

برای سنتز نانوذرات سینامون از روش امواج فراصوت (اولتراسونیک) استفاده شد. این روش براساس استفاده از انرژی امواج مافوق صوت است. روش اولتراسونیک براساس پدیده‌ای به نام حباب-زایی (Cavitation) است که شامل ایجاد یکسری حباب در اثر اعمال سونیک در محلول است. فرآیندی که در اثر اعمال امواج مافوق صوت در محلول اتفاق می افتد شامل تشکیل، رشد و انفجار حباب‌ها در محلول است. به این منظور، نسبت‌های مختلفی از عصاره خشک سینامون در اتانول و در دماهای ۲۵ و ۵۰ سانتی‌گراد درون دستگاه اولتراسونیک (مدل BANDELIN SONOPLUS، شرکت فراز طب تجهیز، ایران) تحت توان ۳۰۰ وات به مدت ۶۰ دقیقه قرار گرفتند.

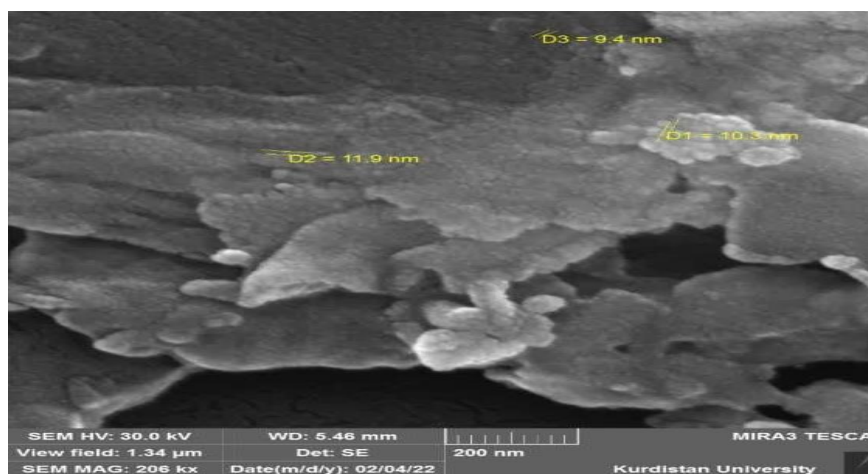
این دو نوع دارچین از نظر کیفیت یکسان نیستند، ولی به علت شباهت‌های زیادی که از نظر خواص و عطر با هم دارند در اغلب مناطق دنیا برای این دو گونه دارچین تفاوتی قائل نیستند (Fathi et al., 2017). دارچین به واسطه رایحه خاصی که دارد، معمولاً در صنعت خوراک دام و طیور مورد استفاده قرار گرفته است.

اسانس دارچین تنها قسمت مهم دارچین است که به مقدار یک درصد در پوست گیاه مذکور وجود دارد. ترکیبات اصلی اسانس دارچین سینامالدهید، هیدروکسی سینامالدهید، اوژنول، سافرول، سینامیل استات، سینامیل الکل، کارواکرول، کومارین، ترپنئیدها، فینیل پروپانئیدها و کاربوفیلین هستند که فعالیتی شبیه به انسولین دارند و می‌توانند در درمان دیابت مفید باشند. علاوه بر این، عصاره سینامون می‌تواند با تعدیل بیان ژن مربوط به تولید هورمون T3، تولید این هورمون را کاهش دهد و از این طریق سبب بهبود عملکرد قلب و شاخص‌های سلامتی در موش‌ها شد (Gaique et al., 2016).

روغن‌های اسانسی دارچین مسئول طعم، گسترش فعالیت ضدالتهابی، ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی هستند. قسمت اعظم اسانس را سینامالدهید (۶۵-۷۵ درصد) تشکیل می‌دهد، با ترکیب مولکولی  $C_{13}H_{12}O_2$  به صورت مایعی روغنی مایل به زرد است و بوی قوی دارچین دارد. محققان اثر آنتی اکسیدانی دارچین را بیشتر مربوط به دو ترکیب اوژنول و متیل هیدروکسی چالکون می‌دانند. مصرف اوژنول باعث بهبود فعالیت گلوکوتایون پراکسیداز و افزایش گلوکوتایون احیاء شده در سلول می‌شود (Sang-Oh et al., 2013). علاوه بر این، دارچین از نظر درمانی دارای اثرات پایین آورنده قند خون، اثرات ضدانقباضی و آنتی اکسیدان است (Fathi et al., 2017; Ciftci et al., 2010).

گزارش کرده‌اند که عصاره دارچین، از رشد برخی از گونه‌های باکتری مانند *هلیکوباکتر پیلوری*، *ای کولای*، *انتروکوکوس*، *سودوموناس*، *استافیلوکوکوس* و *سالمونلا* جلوگیری به عمل می‌آورد و به این ترتیب سبب افزایش نسبی جمعیت *لاکتوباسیلوس* ها می‌شود. حدس بر این است که ترپنئیدها و فینیل پروپانئیدهای موجود در روغن دارچین، به درون غشاء باکتری‌ها نفوذ پیدا کرده و از این طریق موجب انهدام آن‌ها می‌گردند (AL-Kassie, 2009; Anguo et al., 2008). در تحقیقی دیگر، ویژگی ضد میکروبی دارچین به محتوی سینامالدهید، اوژنول و کارواکرول نسبت داده شد (Tabak et al., 1999).

علی‌رغم اثربخشی بسیار ترکیبات دارچین، جذب محدود، متابولیسم سریع، حلالیت آبی بسیار کم و حذف سریع سیستمیک، زیست‌فراهمی و در نتیجه نقش دارویی آن را به شدت محدود می‌کند. از جمله راه‌های پیشنهادی، استفاده از دارچین به فرم نانوذرات است که می‌توانند سبب افزایش جذب، حلالیت و محافظت ترکیبات آن در برابر هیدرولیز گردد (Zhu et al., 2024). بنابراین،



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی ذره سینامون در بزرگنمایی‌های متفاوت

Figure 1- Scanning electron microscope (SEM) images of cinnamon nanoparticle at different magnifications

پیشنهادی و به کمک دستگاه الیزا ریدر (USA 303 fax stat) استفاده گردید. تعیین صفات فراسنجه‌های فعالیت آمیلاز و لیپاز سرم توسط کیت‌های اختصاصی شرکت پارس‌آزمون و شرکت زیست شیمی با استفاده از روش اسپکتروفتومتری طبق دستورالعمل شرکت سازنده و در آزمایشگاه رادمهر شهر گرگان انجام شد.

برای شمارش لاکتوباسیل‌ها و *E. coli* در روز ۴۲ دوره پرورشی، از هر تکرار یک جوجه انتخاب شد (از هر تیمار پنج پرند) و به روش جابجایی گردن کشته شدند. کالبدگشایی و نمونه‌گیری از محتویات قسمت ایلتوم روده در شرایط کاملاً استریل و در مجاورت شعله انجام شد و سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید. برای جداسازی و شمارش لاکتوباسیل‌ها و *E. coli* از رقیق کردن متوالی نمونه‌ها و به نسبت (۱ به ۱۰ در محلول استریل سرم فیزیولوژی) استفاده شد.

برای شمارش لاکتوباسیلوس‌ها از آگار MRS و برای *E. coli* از آگار مک‌کانی استفاده شد. محیط کشت آگار مخصوص لاکتوباسیلوس در انکوباتور بی‌هوازی دارای دی‌اکسیدکربن و محیط کشت آگار مخصوص *E. coli* در انکوباتور هوازی قرار گرفت. دمای انکوباتور برای تمام محیط کشت‌ها ۳۷ درجه سانتیگراد و مدت زمان انکوباسیون برای تمام آگارها ۴۸ ساعت بود. پس از محاسبه تعداد کلنی در هر پلیت، عدد حاصل در عکس رقت ضرب شد و نتیجه به صورت واحدهای تشکیل کلنی (CFU) در هر گرم بیان شد (Asadi Siah Choghaei et al., 2022; Corduk et al., 2008).

داده‌های حاصل با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS 9.2 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح معنی داری پنج درصد استفاده شد.

بهترین عملکرد و بیشترین پخش شدن در حل کردن پنج گرم پودر سینامون در ۴۰۰ سی‌سی اتانول و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. در بقیه موارد، پودر سینامون حالت کلوخه و چسبناک پیدا کرد. در نهایت نیز برای تأیید سنتز نانوذره مورد نظر، از روش میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM) استفاده شد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی، شکل کروی نانوذره و اندازه زیر ۵۰ نانومتر را نشان دادند (شکل ۱). نتایج شمارش ذرات نانو نسبت به کل ذرات موجود در محلول نشان داد که درصد ذرات نانو به کل ذرات ۶۸ درصد بود. عصاره خشک دارچین (سینامون) با نام تجاری استفاده‌شده در این تحقیق محصول شرکت آدونیس گل دارو بود که به شکل کیسه یک کیلوگرمی پودر قهوه‌ای تاریک با خلوص ۹۵ درصد و حاوی ۱۰/۳۱ درصد ماده مؤثره سینامالدهید بسته‌بندی شده بود. اتانول استفاده‌شده نیز از شرکت پارس مدیکو با خلوص ۹۹ درصد تهیه گردید.

مقدار خوراک مصرفی و وزن بدن پرندگان هر واحد آزمایشی در سن ۴۲ روزگی اندازه‌گیری و شاخص‌های عملکرد (خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل) برای سن یک تا ۴۲ روزگی محاسبه گردید. تلفات نیز به محض مشاهده ثبت شد. در روز ۴۲ دوره پرورش از هر قفس دو جوجه به طور تصادفی انتخاب و بعد از سه ساعت گرسنگی، خون‌گیری از سیاهرگ بال انجام گردید. نمونه‌های خونی به لوله‌های آزمایش فاقد ماده ضدانعقادی وارد گردید و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید و بعد از ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه) سرم جدا و بلافاصله در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا موقع اندازه‌گیری آزمایش‌ها نگهداری گردید.

جهت اندازه‌گیری غلظت هورمون‌های تیروئیدی TSH، T3 و T4 از کیت‌های الیزا محصول شرکت پیش‌تاز طب و طبق دستورالعمل

جدول ۱- ترکیب جیره‌های غذایی پایه آزمایشی

Table 1- The ingredients and composition of the basal diet

| پایانی<br>(۲۵-۴۲ روزگی)<br>Finisher<br>(25-42 d) | رشد<br>(۱۱-۲۴ روزگی)<br>Grower<br>(11-24 d) | آغازین<br>(۱-۱۰ روزگی)<br>Starter<br>(0-10 d) | اجزای جیره (درصد)<br>Ingredients (%)                  |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 62.67                                            | 58.96                                       | 55.88                                         | ذرت (۸ درصد پروتئین خام)<br>Corn (8% CP)              |
| 29.73                                            | 34.06                                       | 37.16                                         | کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین)<br>Soybean meal (44%CP) |
| 3.75                                             | 2.95                                        | 2.22                                          | روغن سویا<br>Soybean oil                              |
| 1.06                                             | 1.07                                        | 1.31                                          | کلسیم کربنات<br>Calcium carbonate                     |
| 1.49                                             | 1.55                                        | 1.79                                          | دی کلسیم فسفات<br>Di-calcium phosphate                |
| 0.25                                             | 0.25                                        | 0.25                                          | مکمل ویتامینه<br>Vitamin premix <sup>1</sup>          |
| 0.25                                             | 0.25                                        | 0.25                                          | مکمل معدنی<br>Mineral premix <sup>2</sup>             |
| 0.43                                             | 0.50                                        | 0.50                                          | سدیم کلراید<br>NaCl                                   |
| 0.24                                             | 0.27                                        | 0.35                                          | دی ال-متیونین (۹۹ درصد)<br>DL-methionine (99%)        |
| 0.13                                             | 0.14                                        | 0.29                                          | ال-لیزین هیدروکلراید (۷۸ درصد)<br>L-lysine HCL (78%)  |
| ترکیب مواد مغذی محاسبه شده                       |                                             |                                               |                                                       |
| 3100                                             | 3000                                        | 2900                                          | Nutrient composition (calculated)                     |
|                                                  |                                             |                                               | انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم)           |
| 18.41                                            | 20.00                                       | 21.10                                         | Metabolizable energy (kcal/kg)                        |
| 0.82                                             | 0.86                                        | 1.00                                          | پروتئین خام (درصد)<br>Crude protein, %                |
| 0.19                                             | 0.21                                        | 0.21                                          | کلسیم (درصد)<br>Calcium (Ca), (%)                     |
| 0.41                                             | 0.43                                        | 0.48                                          | سدیم (درصد)<br>Sodium (Na), (%)                       |
| 0.52                                             | 0.57                                        | 0.68                                          | فسفر قابل دسترس (درصد)<br>Available phosphorus, (%)   |
| 0.83                                             | 0.90                                        | 1.02                                          | متیونین (درصد)<br>Methionine, %                       |
|                                                  |                                             |                                               | متیونین + سیستین (درصد)<br>Methionine + cysteine, %   |
| 1.05                                             | 1.18                                        | 1.37                                          | لیزین (درصد)<br>Lysine, %                             |

<sup>۱</sup> هر کیلوگرم مکمل ویتامینی حاوی: ویتامین A: ۳۶۰۰۰۰۰ IU، ویتامین D<sub>3</sub>: ۸۰۰۰۰ IU، ویتامین E: ۷/۲ گرم، ویتامین K<sub>3</sub>: ۰/۸ گرم، ویتامین B<sub>1</sub>: ۱/۷ گرم، ویتامین B<sub>2</sub>: ۲/۶۵ گرم،

ویتامین B<sub>3</sub>: ۱۱/۸۸ گرم، ویتامین B<sub>6</sub>: ۱/۸۸ گرم، ویتامین B<sub>9</sub>: ۰/۴ گرم، ویتامین B<sub>12</sub>: شش میلی گرم.

<sup>۲</sup> هر کیلوگرم مکمل مواد معدنی حاوی: ۱۰۰ گرم کولین کلراید، ۳۹/۶۸ گرم منگنز (اکسید)، ۳۴/۸۸ گرم روی، ۲۰ گرم آهن، ۴ گرم مس، ۰/۳۹۶ گرم ید، ۰/۰۸ سلنیوم.

<sup>1</sup> Every kilogram vitamin supplement containing: vitamin A: 3600000 IU, vitamin D<sub>3</sub>: 800000 IU, vitamin E: 7.2 g, vitamin K<sub>3</sub>: 0.8g, vitamin B<sub>1</sub>: 1.7 g, vitamin B<sub>2</sub>: 2.65 g, vitamin B<sub>3</sub>: 11.88 g, vitamin B<sub>6</sub>: 1.88 mg, vitamin B<sub>9</sub>: 0.4g, Vitamin B<sub>12</sub>: 6 mg,

<sup>2</sup> Every kilogram mineral supplement containing: chloride chlorine: 100 g, manganese (oxide): 39.68 g, Zn: 34.88 g, Fe: 20 g, Cu: 4g, iodine: 0.396 mg and Se: 0.08 g.

## نتایج و بحث

### تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد رشد و تلفات

تأثیر تیمارهای آزمایشی مختلف بر عملکرد رشد و تلفات جوجه‌های گوشتی در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که مکمل‌سازی ۴۵۰ و ۶۰۰ میلی گرم نانوسینامون در کیلوگرم خوراک در مقایسه با سایر تیمارها، سبب افزایش معنی‌دار خوراک مصرفی در

جوجه‌های گوشتی در کل دوره آزمایشی شد ( $P < 0.05$ ). بیشترین خوراک مصرفی مربوط به تیمار ۶۰۰ میلی گرم نانوسینامون در کیلوگرم خوراک بود. علاوه بر این، در مقایسه با شاهد، مکمل‌سازی نانوذرات سینامون در سه سطح ۳۰۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ میلی گرم نانوسینامون سبب افزایش معنی‌داری وزن حاصله در ۴۲ روزگی شد.

جدول ۲- عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر جیره‌ای نانوذرات سینامون در سن شش هفتگی

Table 2- Growth performance of broiler chicks as affected by dietary supplementation of cinnamon nanoparticles (CNPs) at 6 wk of age.

| فراستجه<br>Items                                                                 | سطح نانوذرات سینامون (میلی گرم بر کیلوگرم جیره غذایی)<br>CNPs level (mg/kg diet) |                     |                     |                     |                     | SEM   | P-value |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|---------|
|                                                                                  | 0                                                                                | 150                 | 300                 | 450                 | 600                 |       |         |
| خوراک مصرفی (گرم)<br>Feed Intake [g]                                             | 3937.0 <sup>b</sup>                                                              | 3859.5 <sup>b</sup> | 3867.6 <sup>b</sup> | 3742.2 <sup>c</sup> | 4352.4 <sup>a</sup> | 31.66 | 0.016   |
| اضافه وزن حاصله (گرم)<br>Body weight gain [g]                                    | 2540.0 <sup>c</sup>                                                              | 2490.0 <sup>c</sup> | 2930.0 <sup>a</sup> | 2970 <sup>a</sup>   | 2790 <sup>b</sup>   | 75.43 | 0.006   |
| اضافه وزن روزانه (گرم/روز)<br>Daily weight gain [g/d]                            | 60.47 <sup>c</sup>                                                               | 59.28 <sup>c</sup>  | 69.76 <sup>a</sup>  | 70.71 <sup>a</sup>  | 66.42 <sup>b</sup>  | 1.03  | 0.001   |
| ضریب تبدیل خوراک (گرم خوراک/گرم وزن)<br>Feed conversion ratio<br>[g feed/g gain] | 1.55 <sup>a</sup>                                                                | 1.55 <sup>a</sup>   | 1.32 <sup>b</sup>   | 1.26 <sup>c</sup>   | 1.56 <sup>a</sup>   | 0.027 | 0.033   |
| نرخ تلفات (درصد)<br>Mortality rate (%)                                           | 4.00 <sup>a</sup>                                                                | 0.02 <sup>b</sup>   | 0.02 <sup>b</sup>   | 0.00 <sup>c</sup>   | 0.00 <sup>c</sup>   | 0.03  | 0.010   |

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد ( $P > 0.05$ ).

SEM: خطای استاندارد از میانگین

Means in rows with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

SEM: Standard error of means

میزان جذب مواد مغذی، میزان مصرف خوراک و سرعت عبور مواد از دستگاه گوارش اثر می‌گذارند. ترکیبات فنولی موجود در اسانس‌ها دارای خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی بوده و از راه کاهش باکتری‌های مضر در دستگاه گوارش و تحریک ترشح آنزیم‌های گوارشی، آثار مثبت و مؤثری بر افزایش عملکرد دارند (Cross et al., 2007). استفاده از سطوح بالا (۶۰۰ میلی گرم نانوذرات سینامون) در این تحقیق سبب کاهش مصرف خوراک شد. اسانس‌های گیاهی محافظت نشده حاوی غلظت بالایی از مواد زیست فعال گیاهان دارویی هستند که ممکن است بو یا طعم تند و زننده‌ای داشته باشند و مصرف مقادیر زیاد آن‌ها شاید سبب امتناع پرنده از خوردن و کاهش مصرف خوراک می‌شود (Hernandez et al., 2004).

علاوه بر این گزارش کرده‌اند که ترکیبات آنتول، کارون، کارواکرول، تیموکینون و ۴-تریپنول دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی بوده و با حفاظت از پرزهای روده، باعث بهبود عملکرد هضم و جذب و کاهش تلفات در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Miraghaee

بیشترین وزن زنده و بهترین ضریب تبدیل خوراک مربوط به تیمارهای ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی گرم نانوسینامون بود ( $P < 0.05$ ). بهترین عملکرد تولید مربوط به تیمار ۴۵۰ میلی گرم نانوسینامون بود ( $P < 0.05$ ). تجویز نانوسینامون در ۱۵۰ میلی گرم و بیشتر، به‌طور معنی‌داری سبب کاهش تلفات در دوره ۴۲-۱ روزگی آزمایش شد. علاوه بر این کمترین تلفات مربوط به تیمارهای ۴۵۰ و ۶۰۰ میلی گرم نانوسینامون بود ( $P < 0.05$ ).

افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن پرندگان ناشی از نانوذرات سینامون ممکن است به دلیل خاصیت تحریک‌کنندگی اشتها و کمک به عمل هضم و جذب ناشی از سینامالدهید موجود در دارچین باشد. علاوه بر این بهبود عملکرد هضم و جذب می‌تواند به واسطه ترکیبات فعال موجود در دارچین از قبیل تیمول و کارواکرول، سینامالدهید و اوژنول باشد (Fathi et al., 2017; AL-Kassie et al., 2009).

اسانس‌های گیاهی سبب بهبود عملکرد طيور می‌شوند، زیرا این مواد، ترشح آنزیم‌های هضمی را تحریک می‌کنند و از این مسیر بر

سبب افزایش ترشح آنزیم‌های گوارش شده و متعاقب آن سبب بهبود فرآیند هضم و جذب در دستگاه گوارش می‌شوند و ثبات فلور میکروبی روده می‌شوند (Brenes & Cross *et al.*, 2007; Roura, 2010). اعتقاد بر این است که ترکیبات فیتوژنیک با تحریک ترشح آنزیم‌های گوارشی لیپاز و آمیلاز در روده باریک و لوزالمعده منجر به بهبود گوارش‌پذیری مواد مغذی و در نهایت بهبود راندمان غذایی می‌شوند (Talha *et al.*, 2010; Talebi *et al.*, 2021). همچنین گزارش شده است که ماده Carroseral موجود در دارچین می‌تواند سبب القاء ترشح آنزیم‌های گوارشی در دستگاه گوارش شود (AL-Kassie *et al.*, 2009). گزارشی هم وجود دارد که نشان می‌دهد، دارچین به‌واسطه مواد فعال Cinnamaldehyde و Ugeno سبب تحریک آنزیم‌های گوارشی شده و هضم، جذب و کارایی استفاده از مواد خوراکی را در جوجه‌های گوشتی افزایش می‌دهند (Lee *et al.*, 2004).

(Ghasemi *et al.*, 2014; *et al.*, 2011). برخی دیگر از محققان، افزایش ارتفاع پرزها و عمق کرپیت‌های روده جوجه‌های گوشتی را با مکمل‌سازی اسانس گیاهان دارویی در جوجه‌های گوشتی گزارش کردند (Hossain *et al.*, 2014; Ali *et al.*, 2014).

### تأثیر تیمارهای آزمایشی بر آنزیم‌های گوارشی

نتایج مندرج در جدول ۳ نشان می‌دهد که مکمل‌سازی نانوذرات سینامون در سطوح ۳۰۰ میلی گرم و بیشتر به‌طور معنی‌داری سبب افزایش سطح آنزیم‌های گوارشی در جوجه‌های گوشتی شد ( $P < 0.05$ ). بیشترین سطح آنزیم‌های گوارشی مربوط به تیمار ۴۵۰ میلی گرم نانوذرات سینامون بود ( $P < 0.05$ ).

اگرچه نتایج بسیار متغیری از تأثیر مکمل‌سازی اسانس گیاهان دارویی بر آنزیم‌های گوارشی گزارش شده است، اما بیشتر این تحقیقات گزارش کرده‌اند که اسانس‌های بسیاری از گیاهان دارویی

جدول ۳- آنزیم‌های گوارشی جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر جیره‌ای نانوذرات سینامون در سن شش هفتگی

Table 3- Digestive enzymes of broiler chicks as affected by dietary supplementation of cinnamon nanoparticles (CNPs) at 6 wk of age.

| فراستجه<br>Items                    | سطح نانوذرات سینامون (میلی گرم بر کیلوگرم جیره غذایی)<br>CNPs level (mg/kg diet) |                     |                     |                      |                     | SEM   | P-value |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------|---------|
|                                     | 0                                                                                | 150                 | 300                 | 450                  | 600                 |       |         |
| آمیلاز (واحد/لیتر)<br>Amylase (U/L) | 809.19 <sup>c</sup>                                                              | 811.84 <sup>c</sup> | 868.30 <sup>b</sup> | 1041.84 <sup>a</sup> | 843.61 <sup>b</sup> | 8.02  | 0.01    |
| لیپاز (واحد/لیتر)<br>Lipase (U/L)   | 472.26 <sup>c</sup>                                                              | 502.28 <sup>c</sup> | 716.26 <sup>a</sup> | 738.28 <sup>a</sup>  | 624.10 <sup>b</sup> | 10.25 | 0.02    |

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد ( $P > 0.05$ ).

SEM: خطای استاندارد از میانگین

Means in rows with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

SEM: Standard error of means

(*et al.*, 2004; Cross *et al.*, 2007; Brenes & Roura, 2010)

نشان داده‌اند که دارچین حاوی ماده‌ای به‌نام Carroseral است که دارای خاصیت ضدباکتریایی در دستگاه گوارش می‌باشد (AL-Kassie *et al.*, 2009; Sang-Oh *et al.*, 2013). در تحقیقی، الکاسی (AL-Kassie, 2009) گزارش کرد که ترکیبات مؤثره و فعال موجود در دارچین (تیمول، کارواکرول، سینامال‌دئید و اوژنول) در برابر باکتری‌های روده، فعالیت ضد میکروبی نشان می‌دهند. نتایج تحقیقی نشان داد که فعالیت اوره‌آز در مواد دفعی پرندگان تغذیه‌شده با جیره حاوی دارچین کاهش یافت و عمدتاً نیتروژن را از طریق دفع آمونیومی کاهش می‌دهد (Anguo *et al.*, 2008).

قبلاً نیز گزارش شده است که احتمالاً تیمول و کارواکرول سبب متلاشی شدن غشاء بیرونی باکتری و آزادسازی مواد غشایی از سلول‌ها به محیط خارجی می‌شوند. استفاده از اسانس‌های گیاهی در جیره طیور، ضمن بهبود جمعیت میکروبی از راه افزایش تعداد لاکتوباسیل

### تأثیر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت باکتریایی ایلئوم

نتایج تأثیر مکمل‌سازی نانوذرات سینامون بر جمعیت باکتری‌های ای‌کولای و لاکتوباسیلوس ایلئوم جوجه‌های گوشتی در سن شش هفتگی در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد که سطوح مختلف نانوذرات سینامون ۳۰۰ میلی گرم و بیشتر به‌طور معنی‌داری سبب کاهش جمعیت ای‌کولای و افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس در ایلئوم جوجه‌های گوشتی شد ( $P < 0.05$ ).

افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها و کاهش جمعیت ای‌کولای در جوجه‌های گوشتی هنگام مصرف عصاره گیاهان دارویی مختلف گزارش شده است (Jamroz *et al.*, 2005; Markovic *et al.*, 2009; Shams Shargh *et al.*, 2012). ترکیبات فنولی موجود در اسانس‌ها دارای خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی بوده و از راه کاهش باکتری‌های مضر در دستگاه گوارش آثار مثبت و مؤثری بر بهبود عملکرد و درصد ماندگاری جوجه‌های گوشتی دارند (Lee *et*

در اثر ترشح موادی از قبیل آنزیم اوره از به وسیله میکروب‌ها است. با توجه به اینکه گیاهان دارویی سبب کاهش سرعت تجزیه پروتئین و اسیدهای آمینه در دستگاه گوارش می‌شوند، مقادیر بیشتری از آن‌ها جذب و در بدن ذخیره می‌شوند و منجر به بهبود بازده لاشه و کاهش تبدیل پروتئین به چربی شده و مقادیر کمتری چربی نیز می‌تواند در بدن تجمع یابد (Ghazanfari et al., 2015).

ها، با بهبود صفات ریخت‌شناسی روده، احتمالاً سبب بهبود توانایی هضم و جذب دستگاه گوارش و ارتقاء بازده رشد جوجه‌های گوشتی می‌شود (Ghazanfari et al., 2015).

از معایب وجود میکروب‌های مضر در دستگاه گوارش، افزایش تجزیه پروتئین و اسیدهای آمینه مواد هضمی، فعالیت دی آمیناسیونی پروتئین و اسیدهای آمینه مصرفی و نیز افزایش سرعت تجزیه آن‌ها

**جدول ۴-** جمعیت باکتریایی ایلئوم جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر جیره‌ای نانوذرات سینامون در سن شش هفتگی

**Table 4-** Ileal bacterial population of broiler chicks as affected by dietary cinnamon nanoparticles (CNPs) at 6 wk of age.

| شمارش میکروبیولوژیکی<br>Microbiological count<br>(Log 10 CFU/g fresh digesta) | سطح نانوذرات سینامون (میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره غذایی)<br>CNPs level (mg/kg diet) |                   |                   |                   |                   | SEM  | P-value |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|---------|
|                                                                               | 0                                                                                | 150               | 300               | 450               | 600               |      |         |
| <i>E. coli</i>                                                                | 4.89                                                                             | 4.80              | 4.32              | 4.50              | 4.41              | 0.68 | 0.42    |
| <i>Lactic acid bacteria</i>                                                   | 2.61 <sup>b</sup>                                                                | 2.70 <sup>b</sup> | 2.61 <sup>b</sup> | 3.70 <sup>a</sup> | 3.81 <sup>a</sup> | 0.23 | 0.010   |

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد ( $P > 0.05$ ).

SEM: خطای استاندارد از میانگین

Means in rows with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

SEM: Standard error of means. CFU: Colony Forming Unit.

قبل از گزارش شده است (Behrooz Lak et al., 2014; Fathi et al., 2017). افزایش تولید هورمون‌های تیروئیدی تقریباً همیشه وزن بدن را کاهش و کاهش تولید آن‌ها تقریباً همیشه وزن بدن را افزایش می‌دهد؛ اما این اثرات همیشه به وجود نمی‌آیند؛ زیرا هورمون‌های تیروئید اشتها را زیاد می‌کند و ممکن است بر اثرات ناشی از تغییر متابولیسم غلبه کند و همچنین هورمون تیروئید بر دستگاه گوارش اثر گذاشته و علاوه بر افزایش سرعت جذب مواد غذایی، میزان ترشح شیرهای گوارشی و همچنین حرکات دستگاه گوارش را زیاد می‌کند و همراه این افزایش ترشح و حرکت، اشتها نیز زیاد می‌شود (Karimi et al., 2018).

#### تأثیر تیمارهای آزمایشی بر سطح هورمون‌های تیروئیدی

تأثیر سطوح مختلف نانوذرات سینامون بر سطح هورمون‌های تیروئیدی جوجه‌های گوشتی در سن شش هفتگی در **جدول ۵** نشان داده شده است. نتایج نشان داد درحالی‌که مکمل‌سازی نانوذرات سینامون تأثیر معنی‌داری بر سطح هورمون TSH سرم جوجه‌های گوشتی نداشت، در سطح ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک سبب کاهش معنی‌دار هورمون T3 و افزایش معنی‌دار هورمون T4 سرم جوجه‌های گوشتی شد ( $P < 0.05$ ).

آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی به‌طور قابل ملاحظه‌ای سبب افزایش تولید هورمون‌های تیروئیدی می‌شوند (Brewer et al., 2011; Mirazi et al., 2013). اثرات آنتی‌اکسیدانی دارچین در تحقیقات

**جدول ۵-** پروفایل هورمون‌های تیروئیدی جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر جیره‌ای نانوذرات سینامون در سن شش هفتگی

**Table 5-** Thyroid hormones profile of broiler chicks as affected by dietary supplementation of cinnamon nanoparticles (CNPs) at 6 wk of age

| فراسنجه<br>Items | سطح نانوذرات سینامون (میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره غذایی)<br>CNPs level (mg/kg diet) |                    |                   |                    |                   | SEM  | P-Value |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------|---------|
|                  | 0                                                                                | 150                | 300               | 450                | 600               |      |         |
| T3 (µg/dl)       | 0.70 <sup>ab</sup>                                                               | 0.68 <sup>ab</sup> | 0.61 <sup>b</sup> | 0.55 <sup>bc</sup> | 0.41 <sup>d</sup> | 0.03 | 0.201   |
| T4 (µg/dl)       | 0.58 <sup>b</sup>                                                                | 0.60 <sup>b</sup>  | 0.59 <sup>b</sup> | 0.60 <sup>b</sup>  | 0.69 <sup>a</sup> | 0.02 | 0.010   |
| TSH (mIU/l)      | 1.34                                                                             | 1.29               | 1.32              | 1.25               | 1.15              | 0.06 | 0.17    |

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد ( $P > 0.05$ ).

SEM: خطای استاندارد از میانگین

Means in rows with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

SEM: Standard error of means

## نتیجه گیری کلی

عملکرد رشد و کاهش تلفات در جوجه های گوشتی شود. بر این اساس، مناسب ترین سطح نانوذرات سینامون در جیره جوجه های گوشتی سطح ۴۵۰ میلی گرم خواهد بود.

براساس نتایج این آزمایش، به نظر می رسد که مکمل جیره ای نانوذرات سینامون احتمالاً از طریق بهبود ترشح آنزیم های گوارشی، سلامتی روده و همچنین بهبود عملکرد غده تیروئید، سبب افزایش

## References

1. Asadi Siah Choghaei, F., Akbari Gharaei, M., Saifali Varmaghani, S., kamran taherpour, K., & Shamsollah, M. (2022). Effect of different levels of guar gum and  $\beta$ -mannanase on the performance and immune response of broiler. *Animal Science Research*, 32(1), 31-44. (in Persian). <https://doi.org/10.22034/AS.2022.36969.1534>
2. AL-Kassie, G. A. M. (2009). Influences two plant extracts derived from thyme and cinnamon on broiler performance. *Pakistan Veterinary Journal*, 29, 169-173.
3. Ali, S., Mukhtar, M., & Manzoor, S. (2014). Effect of garlic, black seed and turmeric on the growth of broiler chicken. *Pakistan Journal of Nutrition*, 13(4), 204-210. <https://doi.org/10.3923/pjn.2014.204.210>.
4. Anguo, C., Jinxin, X., Caimei, Y., & Qihua, H., (2008). Effect of cinnamon extract on growth performance and excreta urease activity and nitrogen loss in broilers. American Society of Agricultural and Biological Engineers. <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp>. <https://doi.org/10.13031/2013.25517>
5. Brenes, A., & Roura, E. (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*, 158, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.007>
6. Behrooz Lak, M. A., Abadi, A. H., Hassan Nasiri Moghadam, H., & Kermanshahi, H. (2014). Effect of different levels of cinnamon powder, with antibiotic and probiotic on performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Research on Animal Production*, 5(9), 25-35. (in Persian).
7. Brewe, M. S. (2011). Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential application. *Comprehensive Review in Food. Science Food Safety*, 10(4), 221-247.
8. Ciftci, M., Simsek, U. G., Yuçe, A., Yilmaz, O., & Dalkilic, B. (2010). Effects of dietary antibiotic and cinnamon oil supplementation on antioxidant enzyme activities, cholesterol levels and fatty acid compositions of serum and meat in broiler chickens. *ACTA VETERINARIA BRNO*, 79, 33-40. <https://doi.org/10.2754/avb201079010033>
9. Corduk, M. N., Ceylan, N., Dede, C., & Tel, O. (2008). Effects of novel feed additives on performance, carcass traits and *E. coli*, aerobic bacteria and yeast counts in broilers. *Archive fur Geflugelkunde*, 72, 61-67. [https://doi.org/10.1016/S0003-9098\(25\)00881-1](https://doi.org/10.1016/S0003-9098(25)00881-1)
10. Cross, D. E., Mc Devitt, R. M., Hillman, K., & Acamovic, T. (2007). The effect of herbs and their associated essential oils on performance, dietary digestibility and gut microflora in chickens from 7 to 28 days of age. *British Poultry Science*, 48, 496-506. <https://doi.org/10.1080/00071660701463221>.
11. Fathi, M., Nik Guo, A., & Mehri, M. (2017). Effects of cinnamon powder levels on performance, antioxidant status, meat oxidative stability, enzymes activity and some blood parameters in broiler chickens. *Research on Animal Production*, 8(17), 18-25. (in Persian). <http://dx.doi.org/10.29252/rap.8.17.18>
12. Gaique, T. G., Lopes, B. P., Souza, L. L., Paula, G. S. M., Pazos-Moura, C. C., & Oliveira, K. J. (2016). Cinnamon intake reduces serum  $T_3$  level and modulates tissue-specific expression of thyroid hormone receptor and target genes in rats. *Journal of Food and Agriculture*, 96, 2889-2895. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7460>
13. Ghasemi, H. A., Kasani, N., & Taherpour, K. (2014). Effects of black cumin seed (*Nigella sativa* L.), a probiotic, a prebiotic and a synbiotic on growth performance, immune response and blood characteristics of male broilers. *Livestock Science*, 164, 128-134. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.03.014>.
14. Ghazanfari, S. H., Adib Moradi, M., & Rahimi Niat, F. (2015). Effects of different levels of *Artemisia sieberi* essential oil on intestinal morphology characteristics, microflora population and immune system in broiler chickens. *Journal of Veterinary Research*, 70(2), 195-202.
15. Hernandez, F., Madrid, J., Garcia, V., Orengo, J., & Megias, M. D. (2004). Influence of two plant extracts on broiler performance, digestibility and digestive organ size. *Poultry Science*, 83, 169-174. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.169>.
16. Hossain, M. M., Howlader, A. J., Islam, M. N., & Beg, M. A. (2014). Evaluation of locally available herbs and spices on physical, biochemical and economical parameters on broiler production. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 4(1), 317-322.
17. Jamroz, D., Wiliczekiewicz, A., Wartecki, T., Orda, J., & 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. <https://doi.org/10.1080/00071660500191056>.
18. Karimi, A., Babayan, H., Nemati, Z., & Abdi, E. (2018). Effects of transient hypo- and hyper- thyroidism after

- extreme feed restriction on performance and ascites index of broiler chickens. *Animal Science Research*, 28(4), 165-180. (in Persian).
19. Lee, K. W., Everts, H., Frehner, M., & Beynen, A. C. (2004). Cinnamonaldehyde, but not thymol, counteracts the carboxymethyl cellulose-induced growth depression in female broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 3, 608-612. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.608.612>
20. Markovic, R., Sefer, D., Krstic, M., & Petrujkic, B. (2009). Effect of different growth promoters on broiler performance and gut morphology. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41, 163-169. <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2009000200010>.
21. Mirazi, N., Abdolmaleki, N., & Mahmoodi, M. (2013). Study of *Salvia officinalis* hydroethanolic extract on serum thyroid hormone levels in hypothyroid male rat. *Scientific Journal of Hamadan University of Medical Sciences*, 19(4), 27-35.
22. Miraghaee, S. S., Heidary, B., Almasi, H., Shabani, A., Elahi, M., & Modaber, M. H. (2011). Effects of *Nigella sativa* powder (black seed) and *Echinacea purpurea* (L.) moench extract on performance, some blood biochemical and hematological parameters in broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, 10(82) 19249–19254. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2891>.
23. Shams Shargh, M., Dastar, B., Zerehdaran, S., Khomeiri, M., & Moradi, A. (2012). Effects of using plant extracts and a probiotic on performance, intestinal morphology, and microflora population in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 21, 201-208. <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00145>
24. Sang-Oh, P., Chae-Min, R., Byung-Sung, P., & Jong, H. (2013). The meat quality and growth performance in broiler chickens fed diet with cinnamon powder. *Journal of Environmental Biology*, 34, 127-33.
25. Tabak, M., Armon, R., & Neeman, I. (1999). Cinnamon extracts inhibitory effect on *Helicobacter pylori*. *Journal of Ethnopharmacology*, 67(3), 269-277. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00054-9](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00054-9)
26. Talebi, A., Maham, M., Asri-Rezaei, S., Pournaghi, P., Khorram, M. S., & Derakhshan, A. (2021). Effects of *Nigella sativa* on performance, blood profiles, and antibody titer against newcastle disease in broilers. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2021/2070375>.
27. Talha, E., Abbas, E., & Mohamed, E. (2010). Effect of supplementation of *Nigella sativa* seeds to the broiler chicks' diet on the performance and carcass quality. *International Journal of Agricultural Sciences*, 2, 0975-3710. <https://doi.org/10.9735/0975-3710.2.2.9-13>.
28. Zhu, X., Gojzewski, H., Koshkina, O., & Wurm, F. R. (2024). Accelerated hydrolysis and degradation of polylactide nanocomposites using loaded silica nanocarriers. *Chemical Engineering Journal*, 491(2024), 151903.