Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Research on Animal Production, Vol. 17, Issue 1, 2026 p: 110-120

OPEN ACCESS

Research Paper

The Effect of Vitamins A and E Supplementation on the Growth Performance, Immune Response, Quality, and Oxidative Stability Characteristics of Meat in Broilers

Fatemeh Afzali goruh[1], Mozhgan Mazhari[2], Omidali Esmaeilipor[3] and Fatemeh Shahdadi[4]

1- Ms. C., Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Kerman, Iran
2- Associate Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Kerman, Iran, (Corresponding author: mozhgan.mazhari@gmail.com)
3- Associate Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Kerman, Iran
4- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Kerman, Iran

Received: 1 September, 2025 Revised: 10 November, 2025 Accepted: 12 December, 2025

Extended Abstract

Background: Many factors, including disease and stress, can suppress the immune function of broilers and threaten their health. Vitamins A and E are fat-soluble vitamins that play an important role in the production, growth, and protection of tissues and cell membranes, cell proliferation and differentiation, and embryonic development. They are also effective in modulating the immune response, preserving the blood serum and tissues, and reducing the inflammatory response. The antioxidant role of these vitamin supplements has been previously proven by researchers. In addition to improving growth and immunity, these vitamins can increase the oxidation stability of poultry meat by preventing oxidative damage. Therefore, this study investigated the effects of adding vitamin E and A supplements to broiler diets on the growth performance, immune response, and meat quality and stability of broilers.

Methods: This experiment was conducted as a completely randomized design on 160 one-day-old Ross 308 male broilers with four treatments, four replicates, and 10 chicks per replication. Experimental treatments included T1: a corn-soybean diet (control treatment without a supplement), T2: a basal diet + 250 mg of vitamin E, T3: a basal diet + 1500 IU of vitamin A, T4: a basal diet + 250 mg of vitamin E, and 1500 IU of vitamin A. Diets were formulated isocaloric and isonitrogenous, and then vitamin A and E supplements were added to the experimental diets. The performance traits, such as feed intake and body weight gain, were recorded for three periods, including starter (1-10 days), grower (11-24 days), and finisher (25-42 days), followed by determining the feed conversion ratio (FCR). The Newcastle disease vaccination was done at 7 and 21 days of age, and then blood samples were gathered at 28 days of age to measure the antibody production. The hemagglutination inhibition method was used to determine the antibody titer against the Newcastle disease agent. Blood samples were collected in heparin tubes to determine the number of heterophils and lymphocytes, and a blood smear was prepared after homogenizing the sample. Blood cells were fixed with methanol and stained with the Giemsa solution. A hundred cells were counted to measure the number of heterophils and lymphocytes. Two birds per replicate with a body weight close to the average of each cage were slaughtered at the end of the experiment. After slaughter, the breast and thigh were separated from the carcass, and part of them was refrigerated to measure quality parameters, and the other part was frozen to measure malondialdehyde. Meat quality characteristics, including water holding capacity, cooking loss, dripping loss, and meat pH, were measured one day after slaughter. The content of meat malondialdehyde (thiobarbituric acid test) was measured at intervals of 30 and 45 days after slaughter.

Copyright ©2026 Afzali goruh et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

Results: The results showed that the effect of adding vitamins A and E was significant on feed intake, body weight gain, and FCR during the grower, finisher, and whole periods ($P < 0.05$). The addition of vitamins A and E increased feed intake and body weight gain and decreased FCR ($P < 0.05$). The effect of vitamins A and E addition was significant on antibody production, lymphocytes and heterophils percentage, and the heterophil to lymphocyte ratio ($P < 0.05$). The supplementation of vitamins A and E significantly increased antibody production and the percentage of lymphocytes compared to decreases in the heterophil percentage and the heterophil to lymphocyte ratio ($P < 0.05$), and the highest antibody production was seen in broilers fed with both vitamins ($P < 0.05$). The addition of vitamin supplements decreased meat cooking loss and dripping loss, while it increased water holding capacity ($P < 0.05$). The effect of treatments was not significant on meat pH ($P > 0.05$). The addition of vitamins A and E decreased the malondialdehyde content in the thigh and breast meat 45 days after slaughter ($P < 0.05$), and the lowest malondialdehyde content was seen in broilers fed with both vitamins A and E ($P < 0.05$).
Conclusion: It is concluded that adding 1,500 IU of vitamin A and 250 mg of vitamin E to the diet can improve growth performance, immune response, and meat quality and stability in broilers.

Keywords: Broiler, Cooking loss, Lymphocyte, Malondialdehyde, Newcastle titer, Vitamin

How to Cite This Article: Afzali goruh, F., Mazhari, M., Esmaeilipor, O. A., & Shahdadi, F. (2026). The Effect of Vitamins A and E Supplementation on the Growth Performance, Immune Response, Quality, and Oxidative Stability Characteristics of Meat in Broilers. *Res Anim Prod,* 17(1), 110-120. DOI: 10.61882/rap.2026.1427

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

اثر افزودن مکمل ویتامین‌های A و E بر عملکرد رشد، پاسخ ایمنی، و ویژگی‌های کیفی و اکسیداتیو گوشت جوجه‌های گوشتی

فاطمه افضلی گروه[۱]، مژگان مظهری[۲]، امیدعلی اسماعیلی پور[۳] و فاطمه شهدادی[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان، ایران
۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان، ایران، (نویسنده مسوول: mozhgan.mazhari@gmail.com.)
۳- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان، ایران
۴- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۱
صفحه: ۱۱۰ تا ۱۲۰

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: طیور در طول دوران پرورش با تهدیدهای مختلفی از جمله بیماری و تنش مواجه هستند که ایمنی و سلامت آنها را به مخاطره می‌اندازد. ویتامین‌های A و E از گروه ویتامین‌های محلول در چربی هستند که نقش مهمی در تولید، رشد و نمو، حفاظت از بافت‌ها و غشاهای سلولی، تکثیر و تمایز سلول و رشد جنینی دارند. همچنین، در تعدیل‌پاسخ ایمنی، حفظ سرم خون و بافت‌ها و کاهش پاسخ التهابی موثر هستند. نقش آنتی‌اکسیدانی این مکمل‌های ویتامینی توسط محققین اثبات شده است؛ بنابر این، علاوه بر بهبود عملکرد رشد و ایمنی، می‌توانند با جلوگیری از آسیب‌های اکسیداتیو، منجر به افزایش پایداری گوشت طیور به اکسیداسیون شوند. به‌همین منظور، این آزمایش جهت بررسی اثر مکمل‌های ویتامین A و E بر عملکرد رشد، پاسخ ایمنی، و ویژگی‌های کیفی و اکسیداتیو گوشت جوجه‌های گوشتی طراحی و انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش روی ۱۶۰ قطعه جوجه نر گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ با چهار تیمار و چهار تکرار و ۱۰ قطعه جوجه گوشتی در هر تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار یک (جیره ذرت–سویا بدون افزودنی)، تیمار دو (جیره پایه + ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین E)، تیمار سه (جیره پایه + ۱۵۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A) و تیمار چهار (جیره پایه + ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین E و ۱۵۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A) در هر کیلوگرم جیره بودند. جیره‌ها با انرژی و پروتئین یکسان برای گروه‌های آزمایشی تهیه و مکمل‌های ویتامین A و E به‌صورت سرک به تیمارهای مربوطه افزوده شدند. صفات عملکردی شامل مصرف خوراک و افزایش وزن برای دوره‌های آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۵ روزگی) و پایانی (۲۶ تا ۴۲ روزگی) اندازه‌گیری و ضریب تبدیل خوراک محاسبه شدند. واکسن نیوکاسل در ۷ روزگی و یادآور آن در ۲۱ روزگی تزریق شدند و نمونه خون جهت تخمین تیتر آنتی‌بادی در ۲۸ روزگی گرفته شد. برای تعیین تیتر آنتی‌بادی علیه عامل بیماری نیوکاسل از روش ممانعت از هماگلوتیناسیون استفاده شد. همچنین، نمونه‌های خون جهت تعیین تعداد هتروفیل و لنفوسیت در لوله‌های حاوی هپارین جمع‌آوری شدند و پس از همگن‌سازی نمونه خون گسترش آن تهیه شد. سلول‌های خونی روی گسترش توسط متانول ثابت و با محلول گیمسا رنگ‌آمیزی شدند. برای اندازه‌گیری تعداد هتروفیل و لنفوسیت، تعداد ۱۰۰ سلول مورد شمارش قرار گرفتند. در انتهای آزمایش یعنی در ۴۲ روزگی، دو پرنده با وزن نزدیک به میانگین وزنی پن مربوطه، از هر قفس انتخاب و کشتار شدند. پس از کشتار، سینه و ران از لاشه جدا و بخشی از آن برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی به یخچال و بخشی جهت اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدهید به فریزر منتقل شدند. صفات کیفی گوشت، شامل ظرفیت نگهداری آب، افت پخت، افت خونابه و pH گوشت، یک روز پس از کشتار و میزان مالون دی‌آلدهید گوشت (تست تیوباربیتوریک اسید) در فواصل زمانی ۳۰ و ۴۵ روز پس از کشتار اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: اثر افزودن ویتامین‌های A و E و افزودن همزمان آنها بر مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود و افزودن آنها منجر به افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن و کاهش ضریب تبدیل خوراک شد ($P < ۰/۰۵$). مصرف این دو ویتامین به‌تنهایی و همراه با هم منجر به افزایش تولید آنتی‌بادی، درصد لنفوسیت و کاهش هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت شد و بالاترین تیتر آنتی‌بادی مربوط به جوجه‌های تغذیه‌شده با هر دو ویتامین بود ($P < ۰/۰۵$). اثر افزودن ویتامین‌های E و A به‌تنهایی و همچنین مصرف همزمان آنها بر افت پخت، افت خونابه و ظرفیت نگه‌داری آب گوشت سینه معنی‌دار بود، و با افزودن این ویتامین‌ها، افت پخت و خونابه کاهش و ظرفیت نگه‌داری آب گوشت افزایش یافتند ($P < ۰/۰۵$)، اما بر pH تاثیر معنی‌داری نداشتند ($P < ۰/۰۵$). همچنین، افزودن ویتامین‌های A و E منجر به کاهش مالون‌دی‌آلدهید گوشت ران و سینه در فاصله زمانی ۴۵ روز پس از کشتار شد و کمترین مالون‌دی‌آلدهید گوشت در جوجه‌های تغذیه‌شده با هر دو ویتامین مشاهده شد ($P < ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان می‌دهند که افزودن ۱۵۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A و ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین E به جیره می‌تواند سبب بهبود عملکرد رشد، پاسخ ایمنی، و کیفیت و پایداری اکسیداتیو گوشت جوجه‌های گوشتی شود.

واژه‌های کلیدی: افت پخت، تیتر نیوکاسل، جوجه گوشتی، لنفوسیت، مالون‌دی‌آلدهید، ویتامین

مقدمه

عوامل بسیاری از جمله تغذیه، بیماری‌های عفونی، استرس و غیره سیستم ایمنی طیور را سرکوب می‌کنند و طیور باید با تهدیدهای مختلف ناشی از این عوامل بیماری‌زا مقابله کنند (Liu *et al*., 2015). ویتامین‌ها ترکیبات غذایی هستند که برای فعالیت‌های اساسی مانند رشد و نمو و متابولیسم سلول‌ها ضروری هستند و نقش مهمی در عملکرد رشد و سیستم ایمنی بدن ایفا می‌کنند، زیرا مشخص شده است که کمبود آن‌ها پاسخ‌های ذاتی و سازگار میزبان را مختل می‌کند (Ravisankar *et al*., 2015) محققین گزارش کردند که با کاهش سطح مکمل ویتامین در جیره جوجه‌های گوشتی، پاسخ ایمنی سلولی و تیتر ایمنوگلولین کاهش یافت (Mohamadisaei *et al*., 2022). استفاده از مکمل ویتامینی در طیور به سیستم ایمنی بدن برای مقابله با عوامل بیماری‌زا کمک می‌کند، چرا که اثرات مضر ناشی از استرس را کاهش داده، پاسخ به واکسن‌ها را افزایش می‌دهد (Rheinberger *et*

al., 2016). ویتامین A یک ویتامین محلول در چربی است که به عنوان یک ریزمغذی ضروری، نقش مهمی در تولید و رشد و نمو جوجه‌های گوشتی و تثبیت محیط بافت، تکثیر و تمایز سلول و رشد جنینی آن‌ها دارد (Xiao *et al*., 2019). گزارش شده است که ویتامین A فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را بهبود می‌بخشد و تعادل بین اکسیداسیون و احیاء را حفظ می‌کند. کمبود این ویتامین منجر به کاهش عملکرد، ناباروری یا اختلال در تولیدمثل و کاهش تولید لنفوسیت و آنتی‌بادی در طیور می‌شود (Clagett-Dame & Knuston, 2011).

ویتامین E دیگر ویتامین محلول در چربی است که برای حفظ سلامت و هموستاز ایمنی پرندگان ضروری است و به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان موثر در جلوگیری از آسیب اکسیداتیو بافت‌های بدن شناخته می‌شود (Liu *et al*., 2014). اثر ویتامین E به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان در برابر اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد در حفظ یکپارچگی سلولی در مسیر متابولیسم و التهاب طبیعی سلول اثبات شده است (Khan *et al*., 2012). علاوه بر عملکرد آنتی‌اکسیدانی، ویتامین E به‌عنوان عامل تعدیل‌کننده پاسخ ایمنی، حفظ سرم خون و بافت‌ها، کاهش پاسخ التهابی ناشی از لیپوپلی‌ساکارید و بهبود کیفیت گوشت موثر است (Pompeu *et al*., 2018). یک مطالعه روی جوجه‌های گوشتی نشان داد که مکمل غذایی ویتامین E منجر به افزایش تیترآنتی‌بادی واکسن برونشیت شد (Khan *et al*., 2012). پژوهشگران گزارش کردند که افزون ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ویتامین E به جیره جوجه‌های گوشتی فراسنجه‌های تولید و عملکرد رشد را بهبود بخشید (Khalifa *et al*., 2021).

میزان اسیدهای چرب غیر اشباع در عضلات گوشت مرغ نسبتا زیاد است که این امر منجر به افزایش حساسیت گوشت به اکسیداسیون چربی می‌شود که اکسیداسیون چربی اولین مرحله از بین رفتن کیفیت موادغذایی، به ویژه محصولات گوشتی است. استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در پرورش طیور روش مناسبی برای رسیدن به ثبات آنتی‌اکسیدانی بیشتر، بهبود خواص حسی (عطر و طعم) و طولانی شدن ذخیره‌سازی گوشت است. ویتامین E از لیپیدهای گوشت در برابر اکسیداسیون محافظت می‌کند و به طور همزمان وزن بدن حیوان، اندام‌ها و خواص فیزیکی گوشت را بهبود می‌بخشد (Gao *et al*., 2010). از آنجا که سویه‌های با رشد سریع، بیشتر مستعد قرار گرفتن در معرض رادیکال آزاد اکسیژن هستند، اطمینان از تامین مقادیر کافی ویتامین‌های با خواص آنتی‌اکسیدانی نظیر ویتامین A و E در جهت عملکرد مناسب و حفظ کیفیت گوشت ضروری است. افزودن مکمل‌های ویتامین به جیره‌های غذایی یکی از عوامل ضروری در زمینه تولید است. سطح یک آنتی‌اکسیدان باید هم برای تامین نیاز حیوانات و هم برای محافظت از گوشت تنظیم شود. با این حال، هم دوز افزودنی تجویزشده و هم مدت‌زمان تجویز آن مهم است و سطح مکمل باید با نیازهای بدن و شرایط پرورش تنظیم شود (Zdanowska-Sasiadek *et al*., 2016). با توجه به نقش این دو ویتامین در رشد و نمو، تقویت سیستم ایمنی و کیفیت گوشت و نبود مطالعات کافی در زمینه استفاده همزمان از این دو مکمل، این آزمایش به منظور بررسی اثر افزودن مکمل ویتامین A و E بر عملکرد رشد، پاسخ ایمنی و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با استفاده از ۱۶۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه تجاری راس ۳۰۸ به صورت کاملاً تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار در ۱۶ واحد آزمایشی با ابعاد ۱×۱/۵ متر انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- جیره ذرت-سویا به عنوان جیره پایه (شاهد)، ۲-جیره پایه + ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۳- جیره پایه + ۱۵۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A و ۴-جیره پایه + ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین E و ۱۵۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A در هر کیلوگرم جیره بودند. خوراک هر پن به‌صورت هفتگی تهیه و مکمل اضافه شد. ویتامین E (آلفاتوکوفرول استات، سیگما-کانادا) و ویتامین A (رتینوئیک اسید، سیگما، کانادا) استفاده شده در این آزمایش به‌صورت پودر از شرکت بهدام رشد خراسان (مشهد، ایران) تهیه شدند. در طول دوره پرورش که تا سن ۴۲ روزگی به‌طول انجامید، دسترسی پرندگان به آب و خوراک آزاد بود و مراقبت‌های لازم بر اساس روش‌های توصیه شده سویه تجاری راس ۳۰۸ (۲۰۱۴) انجام گرفتند. جیره‌ها برای تأمین مواد مغذی توصیه‌شده سویه تجاری راس برای سه دوره آغازین (یک تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۵ روزگی) و پایانی (۲۶ تا ۴۲ روزگی) تنظیم شدند (جدول ۱).

جوجه‌های هر قفس در ابتدا و انتهای دوره وزن شدند. مصرف خوراک، افزایش وزن دوره و ضریب تبدیل خوراک به‌صورت گرم خوراک مصرفی به گرم افزایش وزن محاسبه شدند. تلفات به‌صورت روزانه وزن و ثبت شدند. مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک برای تلفات تصحیح شدند. یک هفته پس از تزریق واکسن نیوکاسل (یعنی در ۲۸ روزگی)، از هر پن دو پرنده انتخاب شدند و به میزان چهار میلی‌لیتر از ورید بال خون‌گیری شد. برای تعیین تیتر آنتی‌بادی علیه عامل بیماری نیوکاسل از روش ممانعت از هماگلوتیناسیون استفاده شد. برای انجام این آزمایش ابتدا نمونه‌های سرم خون به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۵۶ درجه سلسیوس بن‌ماری شدند. یک میکروپلیت ۹۶ خانه انتخاب شد و درون هر خانه ۲۵ میکرولیتر سرم فیزیولوژی استریل اضافه شد، سپس ۲۵ میکرولیتر ازسرم خون به خانه اول هر ردیف اضافه شد. سرم‌ها از خانه اول تا خانه دوازده به صورت سریالی رقیق گردیدند. ۲۵ میکرولیتر آنتی‌ژن چهار واحد نیوکاسل به تمام خانه‌ها اضافه و رقیق شد. سپس، پلیت به مدت ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه قرار گرفت. پس از آن، ۲۵ میکرولیتر از سوسپانسیون گلبول قرمز یک درصد به تمام خانه‌های میکروپلت اضافه شد و پلیت به آرامی به مدت ۳۰ ثانیه تکان داده شد. بعد از آن، پلیت به مدت ۴۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه قرار گرفت. بالاترین رقت از سرم، که به طور کامل از آگلوتیناسیون گلبول قرمز جلوگیری کند، به عنوان نقطه نهایی جهت تخمین تیتر هماگلوتیناسیون استفاده می‌شود (Oie, 2008). نمونه‌های خون جهت تعیین تعداد سلول‌های خونی در لوله‌های حاوی هپارین جمع‌آوری شدند و پس از همگن‌سازی نمونه خون گسترش آن تهیه شد. سلول‌های خونی روی گسترش توسط متانول ثابت و با محلول گیمسا

رنگ‌آمیزی شدند. برای اندازه‌گیری تعداد هتروفیل و لنفوسیت، تعداد ۱۰۰ سلول مورد شمارش قرار گرفتند.

در ۴۲ روزگی، دو پرنده با وزن نزدیک به میانگین وزنی پن مربوطه، از هر قفس انتخاب و کشتار شدند. پس از کشتار، گوشت سینه و ران از لاشه جدا و بخشی از آن برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی به یخچال و بخشی جهت اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدهید به فریزر منتقل شدند. پارامترهای کیفیت گوشت، یک روز پس از کشتار اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری pH، پنج گرم از نمونه گوشت خام در ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر هم زده شد تا یکنواخت گردد. سپس با استفاده از گاز استریل صاف و با pH متر (Sartorius مدل Professional Meter pp-50، کشور آلمان) خوانده شد. برای اندازه‌گیری ظرفیت نگه‌داری آب گوشت، یک گرم نمونه داخل گاز استریل قرار گرفت و به‌مدت چهار دقیقه با دور ۱۵۰۰ سانتریفیوژ، سپس به آرامی خشک و وزن شد. سپس به‌مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک و مجددا وزن گردید و درصد ظرفیت نگه‌داری آب گوشت از تفاضل وزن پس از سانتریفیوژ و وزن پس از خشک‌کردن، تقسیم بر وزن اولیه ضربدر ۱۰۰ تعیین شد (Castellini *et al*., 2002). برای اندازه‌گیری افت خونابه، یک قطعه از گوشت توزین و پس از قرار گرفتن در پارچه کتان خالص، در پاکت پلاستیکی گذاشته شد و به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سلسیوس قرار گرفت. پس از ۲۴ ساعت، گوشت به آرامی روی پارچه کتان مالش داده شد و دوباره وزن شد. درصد افت خونابه از تفاضل وزن اولیه و وزن نهایی تقسیم بر وزن اولیه ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (Christensen, 2003). برای اندازه‌گیری افت در نتیجه پخت، یک سانتی‌متر مکعب از گوشت بریده شد و وزن گردید. قطعه جداشده گوشت به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار گرفت. پس از آن، به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۸۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس، نمونه به آرامی با پارچه کتان پاک و وزن شد. درصد افت پخت نیز از تفاضل وزن اولیه و وزن نهایی تقسیم بر وزن اولیه ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (Bertram, 2003).

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در دوره‌های مختلف پرورش

Table 1. Feed ingredients and chemical composition of the basal diet during different rearing periods

دوره پایانی (۴۲-۲۶ روزگی) Finisher (26-42 days)	دوره رشد (۲۵-۱۱ روزگی) Grower (11-25 days)	دوره آغازین (۱۰-۱ روزگی) Starter (1-10 days)	ترکیبات (درصد) Ingredient (%)
58.87	54.26	50.92	ذرت Corn
33.44	37.84	41.71	کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین) Soybean meal
4.16	4.33	3.42	روغن سویا Soybean oil
1.23	1.25	1.45	دی‌کلسیم فسفات DCP
1.18	1.21	1.30	کربنات کلسیم Limestone
0.29	0.31	0.30	کلرید سدیم Sodium chloride
0.12	0.13	0.16	دی ال-متیونین DL-Methionine
0.21	0.17	0.24	ال-لیزین L-Lysine
0.50	0.50	0.50	مکمل ویتامین و معدنی[1] Vit-Min premix[1]
			آنالیز محاسبه شده Nutrients (Calculated)
3200	3100	3000	انرژی قابل متابولیسم ظاهری (کیلوکالری بر کیلوگرم) ME(kcal/kg)
20.00	21.50	23.00	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)
0.81	0.87	0.96	کلسیم (درصد) Calcium (%)
0.41	0.43	0.48	فسفر قابل دسترس (درصد) Available Phosphorus (%)
0.16	0.16	0.16	سدیم (درصد) Sodium (%)
0.22	0.22	0.23	کلر (درصد) Chlorine (%)
1.19	1.29	1.44	لیزین (درصد) Lysine (%)
0.48	0.51	0.56	متیونین (درصد) Methionine (%)

[1] مکمل معدنی در هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین کرد: ۸۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۲۰ میلی‌گرم آهن، ۶۰ میلی‌گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم مس ، ۰/۹۵ میلی‌گرم ید و ۰/۲۵ میلی‌گرم سلنیوم. مکمل ویتامینی در هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌کرد: ۱۲۰۰۰واحد بین المللی ویتامین A، ۱۵۰۰ واحد بین المللی ویتامین D_3، ۶۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۲ میلی‌گرم ویتامین K_3 ، ۲/۴ میلی‌گرم ویتامین B_1، ۴/۸ میلی‌گرم ویتامین B_2، ۳۰ میلی‌گرم B_3، ۱۶ میلی‌گرم B_5، ۳ میلی‌گرم B_6، یک میلی‌گرم فولیک اسید، ۰/۰۳ میلی‌گرم B_{12}، ۰/۱۵ میلی‌گرم بیوتین و ۵۰ میلی‌گرم کولین کلراید.

[1] The mineral premix supplied the following per kilogram of diet: Mn, 80 mg; Fe, 120 mg; Zn, 60 mg; Cu, 100 mg; I, 0.95 mg; and Se, 0.25 mg. Vitamin premix supplied the following per kilogram of diet: Retinol, 12,000 IU; Cholecalciferol, 1500 IU; Tocopherol, 60 IU; phylloquinone, 2 mg; Thiamine, 2.4 mg; Riboflavin, 4.8 mg; Niacin, 30 mg; Pantothenic acid, 16 mg; Pyridoxine, 3 mg; Folic acid, 1 mg; Vitamin B12, 0.03 mg; Biotin, 0.15 mg; and Choline chloride, 50 mg.

برای سنجش مالون‌دی‌آلدئید، ابتدا ۵ گرم گوشت چرخ‌شده (سینه و ران، هر نمونه دارای چهار تکرار) با ۴۵ میلی‌لیتر سالین ۰/۹ درصد مخلوط و سپس توسط گراننده همگن شد. در ادامه، به مدت ۱۵ دقیقه با دور۳۰۰۰ در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ و مایع رویی برای تجزیه و تحلیل بیشتر جمع‌آوری شد. سپس، ۲ میلی‌لیتر از گوشت همگن شده (سوپرناتانت) به ۴ میلی‌لیتر محلول استوک تریکلرواستیک اسید/تیوباربیتوریک اسید ۱۵ درصد TCA (جرمی/حجمی) و ۰/۳۷۵ درصد TBA (جرمی/حجمی) در ۰/۲۵ مولار هیدروکلریک اسید و ۱۰۰ میکرولیتر هیدروکسی‌انیسول بوتیله شده) ۷/۲ درصد جرمی/حجمی افزوده ، با ورتکس همگن شد و در حمام آب گرم ۹۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۳۰ دقیقه به‌منظور ایجاد واکنش رنگی انکوبه گردید. نمونه‌ها در دمای اتاق خنک و سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه با دور ۲۸۰۰ سانتریفیوژ شدند (Hettich، EBA 200، آلمان). میزان جذب مایع رویی در طول موج ۵۳۲ نانومتر در مقابل بلانک حاوی دو میلی‌لیتر محلول سالین ۰/۹ درصد و ۴ میلی‌لیتر محلول استوک تری‌کلرواستیک‌اسید/ تیوباربیتوریک‌اسید اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از نمونه‌ها در برابر یک منحنی استاندارد تهیه شده با غلظت‌های معرف ۳،۳،۱،۱ تترااتوکسی‌پروپان رسم شدند. میزان مالون‌دی‌آلدئید به‌صورت نانومول در هر میلی‌گرم نمونه بیان شد (Ahn et al., 1998). داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) و رویه مدل خطی عمومی تجزیه و میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال ($P < 0.05$) مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای مختلف بر مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر افزودن ویتامین‌های A و E و افزودن همزمان آنها بر مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره معنی‌دار بود و افزودن آنها منجر به افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن و کاهش ضریب تبدیل خوراک شد ($P <$ ۰/۰۵). ویتامین A نقش مهمی در رشد و نمو حیوانات دارد (Xiao *et al*., 2019). بر اساس گزارش‌ها، افزودن ویتامین A به جیره غذایی می‌تواند رشد سلول‌های اپیتلیال روده را بهبود بخشد و هضم و جذب مواد مغذی را افزایش دهد، در نتیجه می‌تواند بر عملکرد رشد پرنده تأثیر مثبتی داشته باشد. همچنین گزارش شده است که ویتامین A رشد میکروویلی‌ها را بهبود و سنتز پروتئین در بدن را افزایش می‌دهد (Tian *et al*., 2018). محققین گزارش کرده‌اند که با مصرف میزان کافی ویتامین A، سلامت و بازسازی بافت اپیتلیال بهبود می‌یابد که منجر به حداکثر جذب مواد مغذی و در نتیجه بهبود افزایش وزن و مصرف خوراک می‌شود (Savaris *et al*., 2021). در آزمایشی دیگر، گزارش شد که افزودن ویتامین A (۳۵۰۰۰ و ۶۵۰۰۰ واحد بین‌المللی بر کیلوگرم) به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی منجر به بهبود عملکرد رشد شد (Li *et al*., 2008). نتایج مطالعات نشان می‌دهند که افزودن ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی بر کیلوگرم ویتامین A در جیره غذایی در تمام مراحل رشد، متوسط مصرف خوراک، متوسط وزن روزانه و وزن نهایی بدن را افزایش داد و ضریب تبدیل خوراک و تلفات جوجه‌های گوشتی را در مقایسه با جیره‌های غذایی بدون مکمل کاهش داد (Wang *et al*., 2020). محققین نشان دادند که افزودن ویتامین E در تغذیه حیوانات، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک را بهبود بخشید (Niu *et al*., 2009). گزارش شده است که مکمل ویتامین E باعث افزایش ترشح هورمون‌های محرک رشد می‌شود که ممکن است مسئول افزایش وزن باشد (Khan *et al*., 2013). افزودن ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مکمل ویتامین E در خوراک باعث افزایش مصرف خوراک و وزن بدن جوجه‌های گوشتی شد (Khalifa *et al*., 2021). همچنین، جیره حاوی ۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم مکمل ویتامین E باعث بهبود وزن بدن جوجه‌های گوشتی شد (Villar-Patino *et al*., 2002). بهترین پاسخ عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی با استفاده از جیره‌های حاوی ۳۰۰ واحد بین‌المللی بر کیلوگرم ویتامین E در جیره نشان داده شد (Swain *et al*., 2002). تأثیر ویتامین E در جیره غذایی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر شرایط آزمایش، نوع و ترکیب خوراک قرار گرفت (Pompeu *et al*., 2018). طبق مطالعات محققین که در بالا ذکر شد، دلیل افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن به دنبال افزودن ویتامین A در این آزمایش می‌تواند به دلیل بهبود رشد پرزهای روده و افزایش هضم و جذب باشد. همچنین، یکی از دلایل افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن با افزودن ویتامین E در این آزمایش می‌تواند افزایش ترشح هورمون رشد باشد. از طرف دیگر، همان طور که نتایج تیتر آنتی‌بادی در این مطالعه نشان دادند، مکمل‌های ویتامین A و E در این مطالعه منجر به افزایش تولید آنتی‌بادی و لنفوسیت و در نتیجه تقویت سیستم ایمنی شدند که می‌تواند منجر به بهبود سلامت و در نتیجه رشد بهتر جوجه‌های گوشتی گردد.

جدول ۲- اثر افزودن ویتامین‌های E و A بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی

Table 2. The effect of vitamins A and E supplementation on the growth performance of broilers

تیمارها/صفات Treatments/Traits	خوراک مصرفی (گرم در دوره) Feed intake (g/period)				افزایش وزن (گرم در دوره) Weight gain (g/period)				ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio			
	آغازین Starter (1-10)	رشد Grower (11-25)	پایانی Finisher (26-42)	کل دوره Total (1-42)	آغازین Starter (1-10)	رشد Grower (11-25)	پایانی Finisher (26-42)	کل دوره Total (1-42)	آغازین Starter (1-10)	رشد Grower (11-25)	پایانی Finisher (26-42)	کل دوره Total (1-42)
شاهد (Control)	136.62	1407.50^{c}	2523.50^{b}	4067.62^{b}	102.00	832.12^{c}	1356.25^{b}	2290.37^{b}	1.34	1.69^{a}	1.86^{a}	1.78^{a}
۲۵۰ میلیگرم ویتامین E (Vit E 250 mg/kg)	138.37	1445.00^{b}	2635.87^{a}	4219.25^{a}	102.62	871.00^{b}	1430.25^{a}	2403.87^{a}	1.35	1.65^{a}	1.84^{b}	1.75^{ab}
۱۵۰۰ واحد ویتامین A (Vit A 1500 UI)	135.00	146750^{a}	2643.50^{a}	4246.00^{a}	101.12	909.12^{a}	1446.25^{a}	2456.50^{a}	1.33	1.62^{b}	1.83^{b}	1.73^{b}
۲۵۰ میلیگرم ویتامین E+۱۵۰۰ واحد ویتامین A (Vit E 250 mg + Vit A 1500 UI)	138.75	1481.25^{a}	2663.75^{a}	4283.75^{a}	103.50	884.37^{b}	1459.50^{a}	2447.37^{a}	1.34	1.67^{a}	1.82^{b}	1.75^{ab}
SEM	1.68	14.04	8.88	20.17	0.74	9.50	8.63	14.78	0.01	0.009	0.008	0.01
P-Value	0.40	0.01	<0.0001	<0.0001	0.19	0.0008	<0.0001	<0.0001	0.89	0.0006	0.05	0.0007

میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < ۰/۰۵$).

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

اثر تیمارهای مختلف بر پاسخ ایمنی در جدول ۳ نشان داده شده است. اثر افزودن ویتامین E و A بر درصد هتروفیل، لنفوسیت، نسبت هتروفیل به لنفوسیت و تیتر آنتی‌بادی علیه نیوکاسل معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). افزودن این دو ویتامین به تنهایی و همراه با هم منجر به افزایش تولید آنتی‌بادی و درصد لنفوسیت و کاهش هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت شد. بالاترین تیتر آنتی‌بادی مربوط به جوجه‌های تغذیه‌شده با هر دو ویتامین بود ($P < ۰/۰۵$).

جدول ۳- اثر افزودن ویتامین E و A بر پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی

Table 3. The effect of vitamins A and E supplementation on the immune response of broilers

تیمارها/صفات Treatments/Traits	تیتر آنتی بادی Antibody titer (log2)	لنفوسیت (درصد) Lymphocyte (%)	هتروفیل (درصد) Heterophil (%)	هتروفیل به لنفوسیت Heterophil to lymphocyte ratio
شاهد (Control)	1.33[c]	76.67[b]	23.33[a]	0.31[a]
۲۵۰ میلیگرم ویتامین E (Vit E 250 mg/kg)	2.66[b]	80.66[a]	19.33[b]	0.24[b]
۱۵۰۰ واحد ویتامین A (Vit A 1500 UI)	2.33[b]	81.00[a]	19.00[b]	0.23[b]
۲۵۰ میلیگرم ویتامین E+۱۵۰۰ واحد ویتامین A (Vit E 250 mg + Vit A 1500 UI)	3.33[a]	81.66[a]	18.33[b]	0.22[b]
SEM	0.33	0.57	0.57	0.009
P-Value	0.02	0.001	0.001	0.001

[a-b] میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < ۰/۰۵$).

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

نشان داده شد که بهترین تیتر آنتی‌بادی در برابر بیماری نیوکاسل زمانی به دست آمد که خوراک حاوی ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A بود (Cassani *et al*., 2012). ابتلا به بیماری‌های عفونی با کاهش دریافت و جذب و افزایش دفع ویتامین A، می‌تواند کمبود ویتامین A را افزایش دهد. درحالی که ویتامین A برای بهبود عملکرد سیستم ایمنی مورد نیاز است و در توسعه سلول‌های T و B نقش دارد (Stephensen, 2001). رشد و متابولیسم طبیعی سلول‌ها تحت تاثیر کمبود ویتامین A قرار می‌گیرد و در نتیجه مقاومت حیوان را کاهش می‌دهد (Wiseman *et al*., 2017). طبق گزارش محققان، تغذیه حیوانات با جیره فاقد ویتامین A، عملکرد ایمنی و مقاومت در برابر عفونت را کاهش می‌دهد، درحالی‌که افزودن ویتامین A با افزایش ایمنی سلولی، ایمنی هومورال و پاسخ‌های ایمنی غیر اختصاصی، سلامت را ارتقا می‌دهد (Yuan *et al*., 2014). کمبود ویتامین A با کاهش فعالیت فاگوسیتی و اکسیداتیو ماکروفاژهای فعال شده در طول التهاب و کاهش تعداد و فعالیت سلول‌های کشنده طبیعی مرتبط است (Maggini *et al*., 2007).

استفاده از مکمل‌های غذایی ویتامین E یک عمل رایج در صنعت پرورش جوجه‌های گوشتی برای مقابله با اثرات مخرب تنش و بیماری است. علاوه بر این، خواص آنتی‌اکسیدانی ویتامین E می‌تواند سلامت حیوانات را با بهبود ایمنی سلولی و هومورال در جوجه‌های گوشتی بهبود بخشد (Pompeu *et al*., 2018). طبق یک گزارش، ۲۵۰ واحد بین‌المللی بر کیلوگرم مکمل ویتامین E در جیره منجر به افزایش تیتر آنتی‌بادی IgA سرم شد، که اثرات مفید مکمل ویتامین E بر سیستم ایمنی پرندگان را نشان می‌دهد. همچنین، تیترهای بالاتری از آنتی‌بادی، IgM و IgG در جوجه‌های گوشتی در پاسخ به افزایش مکمل ویتامین E در جیره غذایی مشاهده شدند (Niu *et al*., 2009).

گزارش پژوهش‌گران نشان‌دهنده افزایش عملکرد و تکثیر سلول‌های درگیر در پاسخ‌های ایمنی با مصرف مکمل ویتامین E است. به نظر می‌رسد که ویتامین E واکنش سلول‌ها و آنتی‌بادی‌ها را نسبت به آنتی‌ژن‌ها تقویت می‌کند. مطالعات انجام شده در جوجه‌ها نشان داده‌اند که مکمل‌غذایی ویتامین E می‌تواند لنفوسیت و مونوسیت را از نظر کمی و کیفی افزایش دهد. به عنوان مثال، افزایش جمعیت لنفوسیت‌ها در تیموس و افزایش تعداد سلول‌های پلاسما در طحال و ایلئوم در جوجه‌های گوشتی که از سطوح بالاتری از ویتامین E تغذیه می‌کردند، مشاهده شد. ویتامین E با تنظیم سطوح رادیکال‌های آزاد برای حفظ عملکرد طبیعی سلول، بر زنده ماندن و عملکرد آنتی‌بادی‌ها تأثیر می‌گذارد (Khan *et al*., 2012).

اثر تیمارهای مختلف بر کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در جدول ۴ نشان داده شده است. اثر افزودن ویتامین‌های E و A به تنهایی و همچنین مصرف همزمان آنها، بر افت پخت، افت خونابه و ظرفیت نگه‌داری آب گوشت سینه معنی‌دار بود. با افزودن این ویتامین‌ها، افت پخت و خونابه کاهش و ظرفیت نگه‌داری آب گوشت افزایش یافتند ($P < ۰/۰۵$)، اما بر pH تاثیر معنی‌داری نداشتند ($P < ۰/۰۵$).

جدول ۴- اثر افزودن ویتامین‌های E و A بر ویژگی‌های کیفی گوشت سینه جوجه‌های گوشتی
Table 4. The effect of vitamins A and E supplementation on the meat quality of broilers

تیمارها/صفات Treatments/Traits	pH	ظرفیت نگهداری آب (درصد) Water holding capacity (%)	افت پخت (درصد) Cook Loss (%)	افت خونابه (درصد) Drip Loss
شاهد (Control)	7.24	56.75[b]	23.70[a]	12.00[a]
۲۵۰ میلیگرم ویتامین E (Vit E 250 mg/kg)	7.10	62.75[a]	18.30[b]	9.55[b]
۱۵۰۰ واحد ویتامین A (Vit A 1500 UI)	7.12	64.50[a]	18.20[b]	9.60[b]
۲۵۰ میلیگرم ویتامین E+۱۵۰۰ واحد ویتامین A (Vit E 250 mg + Vit A 1500 UI)	7.11	64.75[a]	17.75[b]	9.45[b]
SEM	0.13	1.22	1.22	0.55
P-Value	0.86	0.0008	0.014	0.017

[a-b] میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < ۰/۰۵$).
[a-b] Means within the same column with uncommon superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

یک عامل فیزیکوشیمیایی مهم گوشت، ظرفیت نگه‌داری آب است که با تأثیر بر کیفیت حسی و همچنین تأثیرگذاری بر قابلیت استفاده گوشت برای فرآوری، کیفیت گوشت را تعیین می‌کند. pH پایین، دمای بیش از حد گوشت پس از کشتار و سطح پایین آنتی‌اکسیدآن‌ها از جمله عوامل موثر بر کاهش ظرفیت نگه‌داری آب گوشت هستند (Zhang *et al*., 2013). ظرفیت نگه‌داری آب بر حساسیت، رنگ و آبدار بودن گوشت تأثیر می‌گذارد و نشان داده شده است که ویتامین A از ساختار غشای سلولی محافظت می‌کند، از ترشح آب ماهیچه جلوگیری می‌کند و بنابر این ظرفیت نگه‌داری آب ماهیچه‌ها را بهبود می‌بخشد (Hong *et al*., 2013). مطالعات مختلف نقش ویتامین A را در بهبود کیفیت گوشت به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی نشان داده‌اند (Jeyakumar *et al*., 2006). گزارش شده است که مکمل ویتامین E به طور معنی‌داری ثبات کیفیت گوشت را در برابر زوال اکسیداتیو بهبود می‌بخشد (Mazur-Kusnirek *et al*., 2019). افزودن ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین E به طور معنی‌داری ظرفیت نگه‌داری آب ماهیچه جوجه‌های گوشتی را افزایش داد (Zdanowska-Sasiadek *et al*., 2016). افزایش غلظت ویتامین E در بافت‌های طیور به دنبال مصرف مکمل ویتامین E، به طور موثری از اکسیداسیون جلوگیری می‌کند و در نتیجه بر کیفیت گوشت تأثیر مثبت می‌گذارد (Pecjak *et al*., 2022). همچنین، گزارش شده است که ویتامین E با مهار فرآیندهای اکسیداتیو، مقدار محصولات اکسیداسیون تولید شده را که می‌توانند باعث کاهش کیفیت گوشت با تأثیرات منفی بر طعم، عطر، رنگ و بافت شوند را کاهش می‌دهد (Kennedy *et al*., 2005).

اکسیداسیون اجزای لیپیدی در بافت‌های عضلانی عامل اصلی بدترشدن کیفیت و ماندگاری کمتر گوشت جوجه‌های گوشتی پس از کشتار است. بنابر این، به دلیل نقش آنتی‌اکسیدانی ویتامین‌های A و E، بهبود کیفیت گوشت با افزودن این مکمل‌ها قابل انتظار است. افزایش رسوب ویتامین E در گوشت و به دنبال آن کاهش اکسیداسیون لیپیدها منجر به افزایش کیفیت و ماندگاری گوشت می‌شود. گزارش شده است که مکمل ویتامین E در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی باعث کاهش اکسیداسیون چربی گوشت می‌شود، که به‌شدت با بهبود کیفیت گوشت و افزایش ماندگاری ارتباط دارد (Pompeu *et al.*, 2018). در آزمایشی نشان داده شد که افزودن ۳۰۰۰ واحد بین‌المللی بر کیلوگرم ویتامین A به جیره غذایی باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، افزایش گونه‌های فعال اکسیژن، افزایش غلظت آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز و کاهش میزان مالون‌دی‌آلدهید در سرم خون جوجه‌های گوشتی شد (Hong *et al*., 2013).

اثر افزودن ویتامین‌های A و E بر میزان مالون‌دی‌آلدهید گوشت در جدول ۵ نشان داده شده است. افزودن ویتامین‌های A و E منجر به کاهش مالون‌دی‌آلدهید گوشت ران و سینه در فاصله زمانی ۴۵ روز پس از کشتار شد و کمترین مالون‌دی‌آلدهید گوشت در جوجه‌های تغذیه شده با هر دو ویتامین مشاهده شد ($P < ۰/۰۵$).

جدول ۵- اثر افزودن ویتامین‌های E و A بر میزان مالون‌دی‌آلدهید (نانومول بر میلیگرم) در گوشت جوجه‌های گوشتی
Table 5. The effect of vitamins A and E supplementation on the malondialdehyde content of meat in broilers

تیمارها/صفات Treatments/Traits	ران (۳۰ روز پس از کشتار) Thigh (30 days after slaughter)	ران (۴۵ روز پس از کشتار) Thigh (45 days after slaughter)	سینه (۳۰ روز پس از کشتار) Breast (30 days after slaughter)	سینه (۴۵ روز پس از کشتار) Breast (45 days after slaughter)
شاهد (Control)	10.60	25.88[a]	10.34	27.16a
۲۵۰ میلیگرم ویتامین E (Vit E 250 mg/kg)	10.20	21.89[b]	9.74	24.90[b]
۱۵۰۰ واحد ویتامین A (Vit A 1500 UI)	10.42	22.54[b]	9.35	23.62[bc]
۲۵۰ میلیگرم ویتامین E+۱۵۰۰ واحد ویتامین A (Vit A Vit E 250 mg +1500 UI)	10.32	20.71[b]	9.45	22.09[c]
SEM	0.15	0.55	0.27	0.39
P-Value	0.32	0.0002	0.09	0.0001

[a-b] میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < ۰/۰۵$).
[a-b] Means within the same column with uncommon superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

افزودن مکمل ویتامین E به جیره حیوانات سبب کاهش شاخص تیوباربیتوریک اسید در طول ذخیره‌سازی گوشت شد (Pompeu *et al*., 2018). در آزمایشی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در عضله سینه و خون با مکمل ویتامین E افزایش یافت. به طور مشابه، فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز در عضله سینه و خون با مکمل غذایی ویتامین E در جیره غذایی همبستگی مثبت داشت. همچنین، محتوای مالون‌دی‌آلدهید به طور خطی با افزودن ویتامین E کاهش یافت، که نشان می‌دهد افزودن

مکمل ویتامین E اکسیداسیون لیپید را کاهش می‌دهد (Niu *et al*., 2018). در پژوهشی، ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مکمل ویتامین E، غلظت مالون‌دی‌آلدهید را در عضله سینه در مقایسه با گروه کنترل کاهش داد (Guo *et al*., 2001). گزارش شد که محتوای تیوباربیتوریک اسید در گوشت ران با سطوح ویتامین E در جیره غذایی دارای همبستگی معکوس بود و مکمل ویتامین E به طور قابل توجهی پایداری کیفیت گوشت را در برابر کاهش اکسیداتیو بهبود بخشید (Yesilbag *et al*., 2011). به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان دادند که افزودن ویتامین‌های A و E توانست مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشد. میزان تیتر آنتی‌بادی و لنفوسیت خون با افزودن ویتامین‌های A و E افزایش یافت. افزودن ویتامین‌های A و E با کاهش افت خونابه، افت پخت و افزایش ظرفیت نگه‌داری آب گوشت، تاثیر مثبتی بر بهبود کیفیت گوشت داشت. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که افزودن ویتامین‌های A و E اثر مثبتی بر عملکرد رشد، پاسخ ایمنی و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی دارد.

References

Ahn, D. U., Olson, D. G., Jo, C., Chen, X., Wu, C., & Lee, J. I. (1998). Effect of muscle type, packaging, and irradiation on lipid oxidation, volatile production, and color in raw pork patties. *Meat Science*, *49*(1), 27-39. https://doi.org/10.1016/s0309-1740(97)00101-0

Bertram, H. C., Andersen, H. J., Karlsson, A. H., Horn, P., Hedegaard, J., Nørgaard, L., & Engelsen, S. B. (2003). Prediction of technological quality (cooking loss and Napole Yield) of pork based on fresh meat characteristics. *Meat Science*, *65*(2), 707-712. https://doi.org/10.1016/s0309-1740(02)00272-3

Cassani, B., Villablanca, E. J., De Calisto, J., Wang, S., & Mora, J. R. (2012). Vitamin A and immune regulation: role of retinoic acid in gut-associated dendritic cell education, immune protection and tolerance. *Molecullar Aspects of Medicine*, *33*(1), 63-76. https://doi.org/10.1016/j.mam.2011.11.001

Castellini, C., Mugnai, C., & Dal Bosco, A. (2002). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Science*, *60*(3), 219-225. https://doi.org/10.1016/s0309-1740(01)00124-3

Christensen, L. B. (2003). Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. *Meat Science*, *63*(4), 469-477. https://doi.org/10.1016/s0309-1740(02)00106-7

Clagett-Dame, M., & Knutson, D. (2011). Vitamin A in reproduction and development. *Nutrients*, *3*(4), 385-428. https://doi.org/10.3390/nu3040385

Gao, J., Lin, H., Wang, X. J., Song, Z. G., & Jiao, H. C. (2010). Vitamin E supplementation alleviates the oxidative stress induced by dexamethasone treatment and improves meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*, *89*(2), 318-327. https://doi.org/10.3382/ps.2009-00216

Guo, Y., Tang, Q., Yuan, J., & Jiang, Z. (2001). Effects of supplementation with vitamin E on the performance and the tissue peroxidation of broiler chicks and the stability of thigh meat against oxidative deterioration. *Animal Feed Sci and Technology*, *89*(3-4), 165-173.

Hong, P., Jiang, Z., Jiang, S., Zhou, G., Zheng, C., & Lin, Y. (2013). Vitamin A supplemental level: effects on growth performance and antioxidant parameters of yellow-feathered broilers aged from 43 to 63 days. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, *25*(2), 415-426.

Jeyakumar, S. M., Vajreswari, A., & Giridharan, N. V. (2006). Chronic dietary vitamin A supplementation regulates obesity in an obese mutant WNIN/Ob rat model. *Obesity (Silver Spring)*, *14*(1), 52-59. https://doi.org/10.1038/oby.2006.7

Kennedy, O. B., Stewart-Knox, B. J., Mitchell, P. C., & Thurnham, D. I. (2005). Vitamin E supplementation, cereal feed type and consumer sensory perceptions of poultry meat quality. *British Journal of Nutrition*, *93*(3), 333-338.

Khalifa, O. A., Al Wakeel, R. A., Hemeda, S. A., Abdel-Daim, M. M., Albadrani, G. M., El Askary, A., Fadl, S. E., & Elgendey, F. (2021). The impact of vitamin E and/or selenium dietary supplementation on growth parameters and expression levels of the growth-related genes in broilers. *BMC Veterinary Research*, *17*, 1-10.

Khan, R. U., Rahman, Z., Javed, I., & Muhammad, F. (2013). Supplementation of vitamins, probiotics and proteins on oxidative stress, enzymes and hormones in post-moult male broiler breeders. *Archives Animal Breeding*, *56*(1), 607-616.

Khan, R. U., Rahman, Z., Nikousefat, Z., Javdani, M., Tufarelli, V., Dario, C., Selvaggi, M., & Laudadio, V. (2012). Immunomodulating effects of vitamin E in broilers. *World's Poultry Science Journal*, *68*(1), 31-40.

Li, J., Bi, D., Pan, S., Zhang, Y., & Zhou, D. (2008). Effects of high dietary vitamin A supplementation on tibial dyschondroplasia, skin pigmentation and growth performance in avian broilers. *Research in Veterinary Science*, *84*(3), 409-412.

Liu, L., Qin, D., Wang, X., Feng, Y., Yang, X., & Yao, J. (2015). Effect of immune stress on growth performance and energy metabolism in broiler chickens. *Food and Agricultural Immunology*, *26*(2), 194-203.

Liu, X., Byrd, J., Farnell, M., & Ruiz-Feria, C. (2014). Arginine and vitamin E improve the immune response after a Salmonella challenge in broiler chicks. *Poultry Science*, *93*(4), 882-890.

Maggini, S., Wintergerst, E. S., Beveridge, S., & Hornig, D. H. (2007). Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and cellular and humoral immune responses. *British Journal of Nutrition*, *98*(S1), S29-S35.

Mazur-Kuśnirek, M., Antoszkiewicz, Z., Lipiński, K., Kaliniewicz, J., Kotlarczyk, S., & Żukowski, P. (2019). The effect of polyphenols and vitamin E on the antioxidant status and meat quality of broiler chickens exposed to high temperature. *Archives of Animal Nutrition*, *73*(2), 111-126.

Mohamadisaei, M., Alizadeh-Ghamsari, A. H., Hosseini, S. A., Yarahmadi, B., & Kazemizadeh, a. (2022). Investigating the effects of reducing the level of vitamin supplements in the diet of Ross 308 broilers. *Research on Animal Production*, *13*(38), 58-68. https://doi.org/10.52547/rap.13.38.58

Niu, Z., Liu, F., Yan, Q., & Li, W. (2009). Effects of different levels of vitamin E on growth performance and immune responses of broilers under heat stress. *Poultry Science*, *88*(10), 2101-2107.

Niu, Z., Min, Y., & Liu, F. (2018). Dietary vitamin E improves meat quality and antioxidant capacity in broilers by upregulating the expression of antioxidant enzyme genes. *Journal of Applied Animal Research*, *46*(1), 397-401.

Oie, A. (2008). Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals. *Office International Des Epizooties, Paris, France*, 1092-1106.

Pecjak, M., Leskovec, J., Levart, A., Salobir, J., & Rezar, V. (2022). Effects of dietary vitamin E, vitamin C, selenium and their combination on carcass characteristics, oxidative stability and breast meat quality of broiler chickens exposed to cyclic heat stress. *Animals*, *12*(14), 1789.

Pompeu, M. A., Cavalcanti, L. F., & Toral, F. L. (2018). Effect of vitamin E supplementation on growth performance, meat quality, and immune response of male broiler chickens: a meta-analysis. *Livestock Science*, *208*, 5-13.

Ravisankar, P., Reddy, A. A., Nagalakshmi, B., Koushik, O. S., Kumar, B. V., & Anvith, P. S. (2015). The comprehensive review on fat soluble vitamins. *IOSR Journal of Pharmacy*, *5*(11), 12-28.

Rheinberger, C. M., Herrera-Araujo, D., & Hammitt, J. K. (2016). The value of disease prevention vs treatment. *Journal of Health Economics*, *50*, 247-255.

Savaris, V., Souza, C., Wachholz, L., Broch, J., Polese, C., Carvalho, P., Pozza, P., Eyng, C., & Nunes, R. (2021). Interactions between lipid source and vitamin A on broiler performance, blood parameters, fat and protein deposition rate, and bone development. *Poultry Science*, *100*(1), 174-185.

Stephensen, C. B. (2001). Vitamin A, infection, and immune function. *Annual Review of Nutrition*, *21*, 167.

Swain, B., Johri, T., & Majumdar, S. (2000). Effect of supplementation of vitamin E, selenium and their different combinations on the performance and immune response of broilers. *British Poultry Science*, *41*(3), 287-292.

Tian, Y., Nichols, R. G., Cai, J., Patterson, A. D., & Cantorna, M. T. (2018). Vitamin A deficiency in mice alters host and gut microbial metabolism leading to altered energy homeostasis. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *54*, 28-34.

Villar-Patiño, G., Díaz-Cruz, A., Ávila-González, E., Guinzberg, R., Pablos, J. L., & Piña, E. (2002). Effects of dietary supplementation with vitamin C or vitamin E on cardiac lipid peroxidation and growth performance in broilers at risk of developing ascites syndrome. *American Journal of Veterinary Research*, *63*(5), 673-676.

Wang, Y., Li, L., Gou, Z., Chen, F., Fan, Q., Lin, X., Ye, J., Zhang, C., & Jiang, S. (2020). Effects of maternal and dietary vitamin A on growth performance, meat quality, antioxidant status, and immune function of offspring broilers. *Poultry Science*, *99*(8), 3930-3940.

Wiseman, E. M., Bar-El Dadon, S., & Reifen, R. (2017). The vicious cycle of vitamin a deficiency: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *57*(17), 3703-3714.

Xiao, L., Cui, T., Liu, S., Chen, B., Wang, Y., Yang, T., Li, T., & Chen, J. (2019). Vitamin A supplementation improves the intestinal mucosal barrier and facilitates the expression of tight junction proteins in rats with diarrhea. *Nutrition*, *57*, 97-108.

Yesilbag, D., Eren, M., Agel, H., Kovanlikaya, A., & Balci, F. (2011). Effects of dietary rosemary, rosemary volatile oil and vitamin E on broiler performance, meat quality and serum SOD activity. *British Poultry Science*, *52*(4), 472-482.

Yuan, J., Roshdy, A. R., Guo, Y., Wang, Y., & Guo, S. (2014). Effect of dietary vitamin A on reproductive performance and immune response of broiler breeders. *PloS One*, *9*(8), e105677.

Zdanowska-Sasiadek, Ż., Michalczuk, M., Damaziak, K., Niemiec, J., Poławska, E., Gozdowski, D., & Różańska, E. (2016). Effect of vitamin E supplementation on growth performance and chicken meat quality. *Europian Poultry Science*, *80*, 1-14.

Zhang, W., Xiao, S., & Ahn, D. U. (2013). Protein oxidation: basic principles and implications for meat quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *53*(11), 1191-1201.