Animal Production Research
Vol. 14, No. 1, 2025 (51-63)
doi: 10.22124/ar.2025.28690.1855
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872
University of Guilan

RESEARCH PAPER OPEN ACCESS

Effect of vanillic acid supplementation on growth performance, carcass characteristics, blood metabolites, and meat quality of broilers fed oxidized restaurant oil

H. Kamali[1], M. Mazhari[1*], O. Esmaeilipour[1], Y. Badakhshan[1], F. Shahdadi[2]

1. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran
2. Department of Food Science, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran

(Received: 14-10-2024 – Revised: 28-12-2024 – Accepted: 29-12-2024 – Available online: 28-03-2025)

Abstract

Introduction: Adding vegetable oils to broiler diets is common to supply energy and essential fatty acids and to increase diet palatability. Due to the high expense of vegetable oils, using restaurant oil in broiler diets has been increased. After the oxidation of these oils, certain compounds are formed, such as free radicals, peroxides, and secondary oxidation products such as malondialdehyde. These oxidation products have some negative effects on the growth performance and meat quality of broilers. One common method of inhibiting the oxidation process of oil is the use of antioxidants. The main active substance isolated from angelica and green tea, vanillin acid, is an oxidized vanillin compound consisting of phenols that inhibit lipid peroxidation in cells. In addition, vanillic acid has antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, anticancer, and protective effects on the liver and may help improve broiler performance and meat quality. Therefore, this study was performed to investigate the effect of vanillic acid supplementation on growth performance, blood metabolites, and meat quality of broilers fed oxidized oil.

Materials and methods: This experiment was conducted as a completely randomized design on 144 one-day-old Ross 308 male broilers using a 2×2 factorial design with four treatments, four replicates, and nine chicks per replication. Experimental treatments included: 1. A basal diet with soybean oil, 2. A diet with oxidized oil, 3. A diet with soybean oil+100 mg vanillic acid, and 4. A diet with oxidized oil+100 mg vanillic acid. Diets were formulated as isocaloric and isonitrogenous, and then a vanillic acid supplement was added to experimental diets. Restaurant oil was replaced completely with soybean oil in treatments containing this oil. 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), and then, feed conversion ratio was determined. Broilers were treated for 42 days and one bird from each replicate was selected and blood samples were collected from the brachial vein. The collected samples were centrifuged at 3000 rpm for 10 minutes to separate the serum and the metabolites of the blood, including glucose, total cholesterol, and triglyceride, were analyzed. After slaughter, carcass and internal organs were weighted for measuring carcass traits. The breast and thigh were separated from the carcass and transferred to the refrigerator. Meat quality parameters, including water holding capacity, cooking loss, dripping loss, and meat pH, were measured one day after slaughter. The data obtained from this experiment were statistically analyzed using the GLM procedure SAS software. The comparison of means was conducted using the Tukey test at $P<0.05$.

Results and discussion: The results showed that in grower, finisher, and whole period, broilers fed by oxidized oil had the lowest feed intake (FI) and body weight gain (BWG), while the addition of vanillic acid improved FI, BWG, and feed conversion ratio ($P<0.05$). The interaction effect was significant for the growth performance and broilers fed with restaurant oil had the lowest BWG and FI, while vanillic acid-fed chicks had the highest BWG

* Corresponding author: mozhgan.mazhari@gmail.com

and FI (P<0.05). The relative weight of carcass, breast, and thigh was lower in broilers fed by oxidized oil, while vanillic acid supplementation caused a higher relative weight of these organs (P<0.05). The effect of treatments on the relative weight of internal organs was not significant. The effect of treatment on blood glucose was not significant. Vanillic acid decreased blood cholesterol, while oxidized oil treatment caused a decrease in blood triglyceride (P<0.05). The broilers fed by oxidized oil had lower meat pH and water holding capacity (WHC) and higher drip loss (DL) and cooking loss (CL), while vanillic supplementation decreased DL and CL, and increased pH and WHC (P<0.05). A negative impact of oxidized oil on growth performance has been reported due to the peroxidation products and their effect on the health of poultry and food. Vanillic acid is an effective compound with antioxidant and antimicrobial properties that can help in improving the negative effect of oxidized oil on performance and meat quality of broilers, by controlling the free radicals produced by oxidized oils.
Conclusions: Based on the results, the restaurant oil resulted in a decrease in feed intake, body weight, carcass, and breast relative to the broilers, as well as a decrease in the meat quality of the broiler, whereas the vanillic acid supplement increased BWG, FI, body weight and meat quality of the broiler fed with the oxidized oil. It can therefore be concluded that vanillic acid supplementation may be useful in improving the growth performance, carcass yield, and meat quality of broiler chickens when consumed in the form of restaurant oils.
Keywords: Vanillic acid, Cooking loss, Broiler, Oxidized oil, Breast weight
Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of University of Jiroft, Iran.
Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.
Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.
Funding: The authors received no specific funding for this project.

How to cite this article:

Kamali, H., Mazhari, M., Esmaeilipour, O., Badakhshan, Y., & Shahdadi, F. (2025). Effect of vanillic acid supplementation on growth performance, carcass characteristics, blood metabolites, and meat quality of broilers fed oxidized restaurant oil. *Animal Production Research*, *14*(1), 51-63. doi: 10.22124/ar.2025.28690.1855

تحقیقات تولیدات دامی

سال چهاردهم/شماره اول/بهار ۱۴۰۴ (۶۳-۵۱)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

اثر اسید وانیلیک بر عملکرد رشد، خصوصیات لاشه، متابولیت‌های خونی و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با روغن رستورانی اکسید شده

هانیه کمالی[۱]، مژگان مظهری[۱*]، امیدعلی اسماعیلی پور[۱]، یدالله بدخشان[۱]، فاطمه شهدادی[۲]

۱- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

۲- گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۳ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۰۸ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۹ – تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۴/۰۱/۰۸)

چکیده

این آزمایش به‌منظور بررسی اثر افزودن مکمل اسید وانیلیک بر عملکرد رشد، خصوصیات لاشه، متابولیت‌های خونی و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با روغن اکسید شده در قالب یک آزمایش فاکتوریل ۲×۲ با چهار تیمار و چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی روی ۱۴۴ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ انجام شد. گروه‌های آزمایشی شامل جیره پایه+روغن سویا، جیره پایه+ روغن سویا و اسید وانیلیک، جیره پایه+روغن رستورانی و جیره پایه+روغن رستورانی و اسید وانیلیک بودند. در پایان آزمایش، یک پرنده از هر تکرار با وزن نزدیک به میانگین گروه انتخاب، خون‌گیری و کشتار شد. نتایج نشان داد که استفاده از روغن رستورانی، منجر به کاهش مصرف خوراک و وزن جوجه‌ها در دوره رشد، پایانی و کل دوره شد. افزودن اسید وانیلیک منجر به افزایش مصرف خوراک و وزن شد و ضریب تبدیل خوراک را بهبود داد ($P<۰/۰۵$). در جوجه‌های تغذیه شده با روغن رستورانی، وزن نسبی لاشه، سینه و ران کاهش یافت، در حالی که مکمل اسید وانیلیک منجر به افزایش معنی‌دار وزن نسبی لاشه، سینه و ران شد ($P<۰/۰۵$). در جوجه‌های تغذیه شده با اسید وانیلیک، کلسترول خون کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). روغن رستورانی منجر به کاهش تری‌گلیسرید خون شد ($P<۰/۰۵$). در جوجه‌های تغذیه شده با روغن اکسید شده، pH و ظرفیت نگهداری آب گوشت کاهش و افت پخت و خونابه افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). با استفاده از مکمل اسید وانیلیک، pH و ظرفیت نگهداری آب گوشت افزایش و افت پخت و خونابه کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). طبق نتایج این آزمایش، استفاده از روغن رستورانی اکسید شده منجر به کاهش مصرف خوراک، وزن پرنده و همچنین کاهش کیفیت لاشه و گوشت جوجه‌های گوشتی شد، در حالی که افزودن مکمل اسید وانیلیک، نقش موثری در بهبود عملکرد رشد، خصوصیات لاشه و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با روغن رستورانی داشت.

واژه‌های کلیدی: اسید وانیلیک، افت پخت، جوجه گوشتی، روغن اکسید شده، وزن سینه

* نویسندهٔ مسئول: mozhgan.mazhari@gmail.com

doi: 10.22124/ar.2025.28690.1855

مقدمه

روغن‌ها به‌عنوان منبع با انرژی زیاد در جیره طیور استفاده می‌شوند و علاوه بر تأمین انرژی، خوراک‌های غنی شده با روغن، کارآیی انرژی و بهره‌وری خوراک را در طیور افزایش می‌دهند (Attia *et al*., 2019). علاوه بر این، روغن سبب افزایش جذب ویتامین‌های محلول در چربی و خوش‌خوراکی جیره‌ها و کاهش سرعت عبور غذا در روده می‌شود که زمان بیشتری را برای جذب کافی مواد مغذی فراهم می‌کند (Baiao and Lara, 2005). وجود اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه در روغن‌های گیاهی، آنها را در هنگام نگهداری یا حرارت دادن مستعد اکسیداسیون می‌کند و باعث نقص در چربی و کیفیت جیره غذایی می‌شود (Vossen *et al*., 2011). اکسیداسیون روغن به‌دلیل بوی ترش، خوش‌خوراکی جیره را کاهش می‌دهد، همچنین به‌دلیل تشکیل رادیکال‌های آزاد، سلامتی طیور را به‌خطر می‌اندازد (Kaleem *et al*., 2015). اثر مخرب رادیکال‌های آزاد نه تنها به کاهش استفاده از مواد مغذی جیره غذایی از راه واکنش با پروتئین‌ها، لیپیدها و ویتامین‌ها مربوط می‌شود، بلکه برای انتروسیت‌های روده به‌عنوان سم در نظر گرفته می‌شود (Tavarez *et al*., 2011). پراکسیداسیون علاوه بر کاهش ارزش غذایی چربی‌ها، پروتئین‌ها و ویتامین‌های محلول در چربی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی حیوانات را کاهش می‌دهد (Tan *et al*., 2018). از اکسیداسیون طبیعی روغن عمدتاً هیدروپراکسید تولید می‌شود که هیدروپراکسیدها ناپایدار هستند و به‌سرعت، مولکول‌های کوچکی مانند آلدئیدها، کتون‌ها و اسیدها را تولید می‌کنند (Zhang *et al*., 2012). روغن‌های فاسد می‌توانند با کاهش مصرف خوراک سبب کاهش رشد و وزن جوجه‌های گوشتی شوند (Bayraktar *et al*., 2011; McGill *et al*., 2011). در آزمایشی، اثر افزودن چهار درصد روغن ماهی به‌شکل تازه (اکسید نشده)، کم اکسید شده، متوسط اکسید شده و زیاد اکسید شده در جیره جوجه‌های گوشتی بررسی و نتایج نشان داد که ضریب تبدیل خوراک در پرندگانی که تیمار حاوی روغن تازه را مصرف کردند در مقایسه با روغن اکسید شده (کم، متوسط و زیاد) بهتر بود. همچنین، روغن اکسید شده سبب افزایش میزان کورتیکوسترون سرم در ۱۴ روزگی و مالون‌دی‌آلدئید در ۱۴و ۲۱ روزگی شد (Tan *et al*., 2019).

مکمل‌های خوراکی گیاهی با خواص آنتی اکسیدانی، ترکیبات مناسبی برای بهبود رشد و تولید گوشت جوجه‌های گوشتی هستند. استفاده از ترکیبات فنلی گیاهان به‌عنوان افزودنی‌های خوراکی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی طبیعی در صنعت طیور مورد توجه قرار گرفته است (Moustafa *et al*., 2020). ترکیبات فنلی، مولکول‌های زیست‌فعال طبیعی هستند که عمدتاً در بافت‌های گیاهی یافت می‌شوند که فعالیت‌های زیستی جالبی مانند فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی و ضد التهابی را نشان داده‌اند. ترکیبات فنلی که مهمترین گروه آنتی‌اکسیدان‌ها را تشکیل می‌دهند، حاوی گروه‌های هیدروکسیل متصل به حلقه بنزن و مشتقات آن هستند که از اکسیداسیون مولکول‌های زیستی مانند پروتئین، لیپید، کربوهیدرات و اسیدهای نوکلئیک به‌وسیله رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کنند (Mikołajczak *et al*., 2021). همچنین، ترکیبات فنلی منشأ گرفته از گیاهان معطر، خوش‌خوراکی و طعم خوراک را بهبود بخشیده و در نتیجه، مصرف خوراک و عملکرد رشد را افزایش می‌دهند (Moustafa *et al*., 2020). همچنین، ترکیبات فنلی مشتق شده از گیاهان معطر در حفظ تعادل بهینه بین باکتری‌های مفید و باکتری‌های بیماری‌زا در دستگاه گوارش نقش دارند که به حفظ سلامت روده و افزایش عملکرد رشد کمک می‌کنند (Mountzouris *et al*., 2011). اسید وانیلیک (۴-هیدروکسی-۳- متوکسی بنزوئیک اسید)، شکل اکسید شده وانیلین، یک آنتی‌اکسیدان فنلی است که معمولاً به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه از گیاهانی مثل گلپر و چای سبز استخراج می‌شود (Chang *et al*., 2015). نشان داده شده است که اسید وانیلیک با فعالیت‌های دارویی متعددی از جمله فعالیت‌های ضدمیکروبی، ضد درد، ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی مرتبط است (Calixto-Campos *et al*., 2015). در زمینه استفاده از اسید وانیلیک در طیور، مطالعات اندکی صورت گرفته است. نتایج حاصل از یک مطالعه حاکی از آن است که افزودن چهار گرم بر کیلوگرم اسید وانیلیک به جیره خوکچه‌های به چالش کشیده با لیپوپلی‌ساکارید سبب افزایش وزن نهایی بدن شد، همچنین اسید وانیلیک سبب کاهش اسید تیوباربیتوریک و افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز سرم خون شد

(Hu *et al*., 2022). بنابراین با توجه به خواص آنتی-اکسیدانی اسید وانیلیک، این آزمایش به‌منظور بررسی اثر افزودن اسید وانیلیک بر عملکرد رشد، متابولیت‌های خونی و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با روغن اکسید شده طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این آزمایش از ۱۴۴ قطعه جوجه گوشتی نر یک روزه سویه راس ۳۰۸ استفاده شد. پس از وزن‌کشی، جوجه‌ها با میانگین وزن ۲±۴۱ گرم در داخل پن‌ها قرار گرفتند. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل ۲×۲ با چهار تیمار و چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل جیره پایه+روغن سویا بدون اسید وانیلیک، جیره پایه+روغن سویا و ۱۰۰ میلی‌گرم اسید وانیلیک، جیره پایه+روغن اکسید شده بدون اسید وانیلیک و جیره پایه+روغن اکسید شده و ۱۰۰ میلی‌گرم اسید وانیلیک بودند. جیره‌های آزمایشی برای دوره‌های آغازین، رشد و پایانی آماده شد. تنظیم جیره با استفاده از نیازهای بیان شده در دفترچه راهنمای پرورش سویه راس ۳۰۸ و با استفاده از نرم افزار جیره نویسی UFFDA انجام شد. در جدول ۱، اجزای خوراک و تجزیه آن گزارش شده است. اسید وانیلیک (۴-هیدروکسی-۳- متوکسی بنزوئیک اسید، Molekula) به‌شکل پودری از شرکت امینسان تهران تهیه و پس از ساخت جیره به بخش خوراک مربوط به تیمارهای آزمایشی حاوی مکمل اضافه شد. روغن اکسید شده مورد استفاده از روغن بازیافتی رستورانی تأمین و در تیمارهای با روغن اکسید شده به‌طور کامل جایگزین روغن سویا شد. عدد پراکسید روغن سویای تازه و روغن رستورانی به‌ترتیب ۲/۵ و ۱۴۵ میلی اکی والان در هر کیلوگرم روغن بود. جهت اندازه‌گیری عدد پراکسید روغن سویای تازه و روغن رستورانی اکسید شده، ابتدا یک گرم از روغن با ۲۵ میلی‌لیتر مخلوط حلال کلروفرم و اسید استیک (۲:۳ V/V) مخلوط و همگن شد. سپس، یک میلی‌لیتر محلول اشباع یدید پتاسیم به آن اضافه شد و در تاریکی به‌مدت پنج دقیقه نگهداری شد. سپس، ۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد به مخلوط اضافه شد. در انتها، مخلوط حاصل تا بی‌رنگ شدن رنگ آبی ناشی از آزاد شدن ید، با محلول تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تیتر شد. بدین ترتیب بر اساس میزان تیوسولفات سدیم مصرفی، میزان عدد پراکسید بر مبنای میلی اکی والان پراکسید در هر کیلوگرم از روغن محاسبه شد (Jonaidi Jafari *et al*., 2018):

عدد پراکسید = [(حجم مصرفی تیوسولفات‌سدیم × نرمالیته) / (وزن نمونه روغن)] × ۱۰۰۰

خوراک مصرفی و افزایش وزن هر پن به‌صورت جداگانه و به‌ازای هر مرغ با اندازه‌گیری مقدار آن در ابتدا و انتهای هر دوره محاسبه شد. ضریب تبدیل خوراک هر دوره نیز از تقسیم خوراک مصرفی به افزایش وزن به‌دست آمد. در پایان دوره پرورش (۴۲ روزگی)، یک قطعه جوجه از هر پن با وزن نزدیک به میانگین وزن پن، انتخاب و کشتار شد. پس از پرکنی، تفکیک لاشه انجام شد و اندام‌های داخلی شامل کبد، طحال، بورس فابرسیوس و چربی محوطه بطنی با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱± اندازه‌گیری شدند. وزن لاشه با امحاء و احشا، وزن سینه و ران نیز اندازه‌گیری شدند. در ۴۲ روزگی از هر تیمار، چهار قطعه جوجه (هر تکرار یک قطعه) انتخاب و از سیاهرگ زیر بال به‌میزان دو سی‌سی خون گرفته شد. صفات بیوشیمیایی سرم شامل گلوکز، تری‌گلیسرید وکلسترول با استفاده از دستگاه اتو آنالایزر بیوشیمی بالینی (AUTOLAB, Ames, Rome, Italy) با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون (تهران، ایران) اندازه‌گیری شد.

صفات مرتبط با 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 شود و پس از صاف کردن، pH نمونه‌ها با pH متر (Sartorius مدل Professional Meter pp-50، ساخت کشور آلمان) خوانده شد. برای اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب گوشت، چهار گرم نمونه درون گاز استریل پیچیده شد و به‌مدت چهار دقیقه با دور ۱۵۰۰ سانتریفیوژ شده و سپس به آرامی خشک و وزن آن اندازه‌گیری شد. پس از آن، نمونه به‌مدت ۲۴ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک و مجدداً وزن شد. ظرفیت نگهداری آب گوشت از تفاضل وزن پس از سانتریفیوژ و وزن پس از خشک کردن تقسیم بر وزن اولیه ضربدر ۱۰۰ تعیین شد (Castellini *et al*., 2002). برای اندازه‌گیری افت خونابه، یک قطعه از گوشت سینه پس از وزن‌کشی، در پارچه کتان خالص و سپس 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 سینه برش داد شد و وزن شد. قطعه جدا شده گوشت به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سلسیوس و 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 شده و وزن شد. درصد افت پخت نیز از تفاضل وزن اولیه و وزن نهایی تقسیم بر وزن اولیه ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (Bertram *et al*., 2003). داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SAS (۹/۱) و رویه مدل‌های خطی عمومیGLM تجزیه شد و میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که اثر تیمارها بر صفات عملکردی در دوره آغازین معنی‌دار نبود. در دوره رشد، پایانی و کل دوره، جوجه‌های تغذیه شده با روغن رستورانی اکسید شده، مصرف خوراک و افزایش وزن کمتر و ضریب تبدیل خوراک بالاتری داشتند (P<۰/۰۵). در جوجه‌های تغذیه شده با مکمل اسید وانیلیک، مصرف خوراک و افزایش وزن، افزایش و ضریب تبدیل خوراک کاهش یافت (P<۰/۰۵). برهم‌کنش تیمارها بر مصرف خوراک و افزایش وزن در دوره پایانی و کل دوره معنی‌دار بود و جوجه‌های تغذیه شده با روغن معمولی و اسید وانیلیک، بیشترین مصرف خوراک و افزایش وزن و جوجه‌های تغذیه شده با روغن رستورانی اکسید شده، کمترین مصرف خوراک و وزن را داشتند (P<۰/۰۵). طبق نتایج این تحقیق، استفاده از روغن اکسید شده، مصرف خوراک و وزن جوجه‌های گوشتی را کاهش داد. هماهنگ با نتایج این پژوهش، کاهش معنی‌دار مصرف خوراک و وزن و افزایش ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های مصرف‌کننده روغن اکسید شده گزارش شده است (Moradi *et al*., 2021). استفاده از روغن‌های با کیفیت پائین، به‌عنوان منبع انرژی در جیره، علاوه بر کاهش سلامت پرنده، عملکرد رشد را نیز به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Tan *et al*., 2018). روغن اکسید شده، با افزایش محصولات ناشی از اکسیداسیون مانند رادیکال‌های آزاد، آلدئید و کتون در خون و همچنین کاهش ویتامین‌های محلول در چربی، سبب بروز کاهش عملکرد جوجه‌ها می‌شوند (Kishawy *et al*., 2016). افزودن اسید وانیلیک در این آزمایش، مصرف خوراک و وزن جوجه‌های گوشتی را افزایش داد. آزمایشات زیادی در زمینه استفاده از اسید وانیلیک در تغذیه طیور انجام نشده است. در یک آزمایش، اثر افزودن اسید وانیلیک (۰/۰۷ میلی‌لیتر به‌ازای هر پرنده در روز) به جیره جوجه‌های گوشتی بررسی شد و نشان داده شد که با افزودن اسید وانیلیک، وزن زنده پرنده ها افزایش یافت. این محققین، علت بهبود وزن و عملکرد رشد با افزودن اسید وانیلیک را به بهبود جمعیت میکروبی مفید دستگاه گوارش و افزایش هضم و جذب مواد مغذی نسبت دادند (Duskaev *et al*., 2023). محققین، اثر دو افزودنی اسید وانیلیک و فرولیک اسید در تغذیه خوکچه را بررسی و نشان دادند که افزودن چهار گرم اسید وانیلیک منجر به افزایش وزن خوکچه‌ها شد (Hu *et al*., 2022). گزارش شده است که عصاره فنلی گیاهان می‌تواند میکروبیوم روده را تعدیل کرده و سبب افزایش وزن شود (Mountzouris *et al*., 2011). اثر مشابهی با افزودن اسانس زیره سبز، ریحان، لیمو، لورل، مریم گلی، پونه کوهی، آویشن و چای (Khattak *et al*., 2014) و همچنین افزودن تیمول و کارواکرول (Saadat shad *et al*., 2016) گزارش شده است. علاوه بر تحریک میکروفلور مفید روده در جوجه‌های گوشتی، برخی آزمایش‌ها کاهش سطح میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا با مصرف ترکیبات فنلی را گزارش دادند (Tiihonen *et al*., 2010). بسیاری از ترکیبات فنلی، از جمله اسید وانیلیک، به‌عنوان عوامل ضد میکروبی موثر عمل می‌کنند (Hintz *et al*., 2015).

اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات لاشه در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در جوجه‌های تغذیه شده با روغن اکسید، وزن نسبی لاشه، سینه و ران کاهش یافت، در حالی که مکمل اسید وانیلیک منجر به افزایش معنی‌دار وزن نسبی لاشه، سینه و ران شد (P<۰/۰۵). اثر تیمارها بر وزن نسبی اندام‌های داخلی معنی‌دار نبود. بر هم کنش تیمارها بر وزن نسبی لاشه معنی‌دار بود و جوجه‌های

جدول ۱- اجزا و ترکیب جیره‌های آزمایشی پایه در مراحل مختلف پرورش

Table 1. Ingredients and composition of basal experimental diets in different rearing periods

Ingredient (%)	Starter (1-10 d)	Grower (11-25 d)	Finisher (26-42 d)
Corn	50.92	54.26	57.56
Soybean meal (44% CP)	41.71	37.84	33.82
Soybean oil	3.42	4.33	5.26
Limestone	1.30	1.21	1.14
Dicalcium phosphate	1.45	1.25	1.15
Sodium chloride	0.31	0.31	0.29
DL-Methionine	0.16	0.13	0.12
L-Lysine	0.24	0.17	0.17
Vitamin and mineral premix[1]	0.50	0.50	0.50
Calculated analysis			
Metabolizable energy (kcal/kg)	3000	3100	3200
Crude protein (%)	23	21.5	20
Calcium (%)	0.96	0.87	0.81
Available Phosphorus (%)	0.48	0.43	0.41
Lysine (%)	1.44	1.29	1.19
Arginine (%)	1.78	1.66	1.53
Methionine	0.56	0.51	0.48
Methionine + cysteine (%)	0.78	0.76	0.64

[1] Vitamin premix supplied the following per kilogram of diet: Retinol, 12,000 IU; Cholecalciferol, 1500 IU; α-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 B_{12}, 0.03 mg; biotin, 0.15 mg; and cholin chloride, 50 mg. 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.

تغذیه شده با روغن معمولی و اسید وانیلیک، بیشترین افزایش وزن و جوجه‌های تغذیه شده با روغن رستورانی اکسید شده، کمترین وزن لاشه را داشتند ($P<۰/۰۵$). محققین، اثر روغن سویای اکسید شده (دو درصد) و روغن سویای تازه را بر خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی بررسی و گزارش کردند که روغن اکسید شده، تأثیر معنی‌داری بر وزن لاشه، قلب، سنگدان و بورس فابریسیوس نداشت، اما سبب افزایش وزن کبد شد. افزایش وزن کبد ممکن است به‌دلیل تجمع محصولات اکسیداتیو جیره غذایی باشد (Anjum *et al*., 2004). محققین گزارش کردند که مصرف روغن ماهی اکسید شده منجر به کاهش ساخت پروتئین عضله ران شد (Tan *et al*., 2019). افزایش وزن لاشه و قسمت‌های مختلف آن با افزودن اسانس‌های گیاهی قبلاً به‌وسیله محققین گزارش شده است. نتایج حاصل از یک آزمایش نشان داد که افزودن سطوح مختلف اسانس پونه کوهی (صفر، ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) به جیره جوجه‌های گوشتی سبب افزایش وزن لاشه و کاهش چربی محوطه بطنی شد، اما تأثیر معنی‌داری بر وزن کبد، بورس و طحال نداشت (Eler *et al*., 2019).

گزارش شده است که مصرف ۳۰۰ و ۶۰۰ میکرولیتر عصاره پونه کوهی در کیلوگرم جیره سبب افزایش وزن لاشه و سینه جوجه‌های گوشتی شد (Salama *et al*., 2023). نشان داده شده است که مصرف گیاهان دارویی سبب کاهش جمعیت میکروبی مضر دستگاه گوارش می‌شود، بنابراین سرعت تجزیه پروتئین و اسیدهای آمینه مواد گوارشی کاهش یافته و مقادیر بیشتری از آن‌ها در بدن جذب و ابقا خواهد شد. این امر منجر به بهبود درصد لاشه و به دنبال آن، کاهش تبدیل پروتئین به چربی شده و پروتئین بیشتری در عضلات ران و سینه تجمع پیدا می‌کنند. شاید بتوان دلیل افزایش وزن نسبی سینه و ران با افزودن اسید وانیلیک را به همین مورد نسبت داد (Khattak *et al*., 2014).

اثر تیمارهای مختلف بر متابولیت‌های خونی جوجه‌های گوشتی در جدول ۴، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که اثر تیمارها بر گلوکز خون معنی‌دار نبود. در جوجه‌های تغذیه شده با مکمل اسید وانیلیک، کلسترول خون کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). همچنین، استفاده از روغن رستورانی اکسید شده منجر به کاهش تری‌گلیسرید خون شد ($P<۰/۰۵$).

جدول ۲- اثر نوع روغن و مکمل اسید وانیلیک بر مصرف خوراک (گرم در دوره)، افزایش وزن (گرم در دوره) و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در مراحل مختلف پرورش

Table 2. Effect of Oil type (oxidized or non-oxidized) and Vanillic supplement on feed intake (FI), body weight gain (BWG) and feed conversion ratio (FCR) of broilers at different ages.

	Starter (1-10 d)			Grower (11-25 d)			Finisher (26-42 d)			Whole period (1-42 d)		
Effects	FI (g)	BWG (g)	FCR	FI (g)	BWG (g)	FCR	FI (g)	BWG (g)	FCR	FI (g)	BWG (g)	FCR
Oil/Vanillic												
Non Oxidized Oil (N-OX)	171.46	123.52	1.38	1286.11^{a}	818.47^{a}	1.58^{b}	2902.53^{a}	1531.75^{a}	1.89^{b}	4360.10^{a}	2473.74^{a}	1.76^{b}
Oxidized Oil (OX)	165.07	119.03	1.39	1206.53^{b}	708.26^{b}	171^{a}	2694.44^{b}	1392.48^{b}	1.94^{a}	4066.04^{b}	2219.77^{b}	1.83^{a}
SEM	3.81	1.67	0.03	15.64	16.93	0.02	8.75	6.78	0.007	16.08	16.97	0.01
P-value	0.54	0.91	0.44	0.004	0.0006	0.0002	0.0001	0.0001	0.002	0.0001	0.0001	0.0007
Vanillic												
0	166.59	121.41	1.37	1216.25^{b}	717.17^{b}	1.70a	2754.02^{b}	1401.76^{b}	1.96^{a}	4136.86^{b}	2240.34^{b}	1.85^{a}
100 mg	169.93	121.14	1.40	1276.38^{a}	809.56^{a}	1.58^{b}	2842.95^{a}	1522.46^{a}	1.87^{b}	4289.27^{a}	2453.17^{a}	1.75^{b}
SEM	3.81	1.67	0.02	15.65	16.93	0.02	8.75	6.78	0.007	16.08	16.97	0.01
P-value	0.26	0.08	0.95	0.02	0.002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Oil× Vanillic												
N-O× 0	169.45	122.34	1.38	1233.33	761.13	1.62	2842.37^{b}	1459.66^{b}	1.95	4245.15^{b}	2343.13^{b}	1.72
N-O× 100	173.47	124.71	1.39	1338.88	875.82	153	2962.69^{a}	1603.82^{a}	1.85	4475.05^{a}	2604.36^{a}	1.65
OX × 0	163.75	120.48	1.36	1199.16	673.21	1.78	2665.66^{d}	1343.86^{c}	1.98	4028.58^{d}	2137.55^{c}	1.79
OX × 100	166.39	117.57	1.42	1213.88	743.31	1.63	2723.22^{b}	1441.10^{b}	1.89	4103.51^{c}	2301.98^{b}	1.73
SEM	5.39	2.37	0.04	22.13	23.94	0.03	12.37	9.59	0.01	22.78	24.00	0.01
P-value	0.90	0.28	0.55	0.06	0.37	0.40	0.03	0.03	0.72	0.005	0.05	0.87

$^{a-d}$ In each column, means with different letters are significantly different (P<0.05). FI: Feed intake; BWG: Body weight gain; FCR: Feed conversion ratio; SEM: Standard error of the means

جدول ۳- اثر نوع روغن و مکمل اسید وانیلیک بر وزن نسبی قسمت‌های مختلف لاشه (گرم وزن اندام بر وزن زنده ضربدر ۱۰۰) و اندام‌های داخلی جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی

Table 3. Effect of Oil type (oxidized or non-oxidized) and Vanillic supplement on carcass characteristics (% of carcass weight) of broilers at 42 days of age

Effects	Carcass	Breast	Thigh	Liver	Bursa of fabricius	Spleen	abdominal fat pad
Oil/Vanillic							
Non Oxidized Oil (N-OX)	82.04^{a}	22.95^{a}	24.06^{a}	2.62	0.33	0.19	1.38
Oxidized Oil (OX)	78.15^{b}	21.16^{b}	22.59^{b}	2.81	0.27	0.16	1.40
SEM	0.25	0.16	0.27	0.15	0.02	0.02	0.03
P-value	0.0001	0.0009	0.02	0.52	0.17	0.52	0.12
Vanillic							
0	78.45^{b}	21.76^{b}	22.84^{b}	2.78	0.33	0.16	1.43
100 mg	81.74^{a}	22.79^{a}	23.82^{a}	2.64	0.27	0.18	1.35
SEM	0.25	0.17	0.27	0.15	0.03	0.02	0.03
P-value	0.0001	0.0001	0.002	0.37	0.12	0.74	0.67
Oil× Vanillic							
N-OX× 0	81.32^{ab}	22.20	23.33	2.72	0.38	0.17	1.42
N-OX× 100	82.77^{a}	23.69	24.80	2.85	0.28	0.21	1.35
OX × 0	75.58^{c}	21.32	22.34	2.51	0.27	0.15	1.44
OX × 100	80.71^{b}	21.90	22.84	2.77	0.27	0.16	1.36
SEM	0.35	0.24	0.38	0.21	0.04	0.03	0.04
P-value	0.0002	0.07	0.23	0.77	0.21	0.64	0.97

$^{a-b}$ In each column, means with different letters are significantly different (P<0.05). SEM: Standard error of the means

برهم‌کنش تیمارها بر کلسترول خون معنی‌دار بود و جوجه‌های تغذیه شده با اسید وانیلیک، کلسترول خون کمتری داشتند. محققین گزارش کردند که میزان تری‌گلیسرید و کلسترول سرم خون جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با روغن اکسید شده نسبت به روغن سالم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین، این پژوهشگران گزارش کردند که افزودن سطوح مختلف عصاره گیاه سهرمرد، میزان کلسترول و تری‌گلیسرید سرم خون را کاهش داد (Moradi *et al*., 2021). در مطالعه ای دیگر نیز استفاده از روغن اکسید شده منجر به کاهش تری‌گلیسرید خون جوجه‌های گوشتی شد که دلیل کاهش تری‌گلیسرید خون با روغن اکسید شده، کاهش ساخت اسیدهای چرب گزارش شد (Bayraktar *et al*., 2011). کاهش کلسترول خون با اسانس‌های گیاهی قبلاً به‌وسیله محققین گزارش شده است (Hong *et al*., 2012). در یک مطالعه، با افزودن اسید وانیلیک، کلسترول خون جوجه‌های گوشتی کاهش یافت (Duskaev *et al*., 2023). محققین گزارش کردند که افزودن ۰/۵ درصد عصاره آویشن به جیره جوجه‌های گوشتی، کلسترول خون را کاهش داد (Nobakht *et al*., 2017). گزارش شده است که ترکیبات فعال اسانس‌های گیاهی نظیر فنول، تیمول، منتول و غیره با ممانعت از فعالیت آنزیم متیل گلوتاریل کوآنزیم آ-ردوکتاز که آنزیم کلیدی در ساخت کلسترول است، منجر به کاهش کلسترول خون می‌شوند (Chowdhury *et al*., 2017).

اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات کیفی گوشت جوجه‌های گوشتی در جدول نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در جوجه‌های تغذیه شده با روغن رستورانی اکسید شده، pH و ظرفیت نگهداری آب گوشت، کمتر و افت پخت و خونابه گوشت، بیشتر بود ($P<۰/۰۵$)، در حالی که در جوجه‌های تغذیه شده با مکمل اسید وانیلیک، pH و ظرفیت نگهداری آب گوشت، بیشتر و افت پخت و خونابه گوشت، کمتر بود ($P<۰/۰۵$). اثر بر هم کنش تیمارها بر pH گوشت معنی‌دار بود، به طوری که کمترین pH گوشت در جوجه‌های تغذیه شده با روغن اکسید و بیشترین در جوجه‌های تغذیه شده با ۱۰۰ میلی گرم اسید وانیلیک مشاهده شد. روغن‌های گیاهی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع نشده به‌شدت مستعد تخریب اکسیداتیو هستند و افزودن روغن اکسید شده به جیره طیور می‌تواند منجر به افزایش محصولات اکسیداسیون و در نتیجه، آثار نامطلوب بر کیفیت و طعم و بوی گوشت شود. افزایش اکسیداسیون گلیکوژن ماهیچه گوشت منجر به افزایش تولید اسید لاکتیک و در نتیجه، کاهش pH گوشت می‌شود. هر چه pH گوشت کمتر باشد ظرفیت نگهداری آب گوشت، کمتر و افت خونابه و پخت، بیشتر می‌شود که اثر نامطلوبی بر کیفیت گوشت دارد (Mir *et al*., 2017). گزارش شده است که با افت pH گوشت، دناتوره شدن پروتئین ماهیچه افزایش می‌یابد که این امر منجر به کاهش حلالیت پروتئین و کاهش توانایی پروتئین برای ترکیب شدن با آب و در نهایت، کاهش ظرفیت نگهداری آب ماهیچه می‌شود. از طرفی، ترکیبات با خواص آنتی‌اکسیدانی با کاهش اکسیداسیون ترکیبات گوشت از جمله گلیکوژن و چربی و کاهش دناتوره شدن پروتئین، منجر به کاهش تولید محصولات اکسیداسیون و اسید لاکتیک شده که این امر pH و ظرفیت نگهداری آب گوشت را بالا می‌برد (Mir *et al*., 2017). کاهش کیفیت گوشت با روغن اکسید شده قبلاً به‌وسیله محققین گزارش شده است.

در مطالعه‌ای، اثر افزودن روغن سویای اکسید شده در جوجه‌های گوشتی بررسی شده و نتایج نشان داد که روغن اکسید شده سبب کاهش کیفیت گوشت و افزایش تولید مالون دی آلدهید شد (Tan *et al*., 2018). محققین گزارش نمودند که افزودن اسانس‌های آویشن، لیمو و نعناع موجب بهبود طعم و بوی گوشت شد. آنها اکسیداسیون حاصل از چربی گوشت و تولید محصولاتی مانند آلدئیدها، کتون‌ها و هیدروکربن‌ها را علت بو و طعم نامطلوب گوشت ذکر نموده و بیان کردند که خواص آنتی‌اکسیدانی اسانس‌های روغنی منجر به بهبود طعم و بو و پذیرش بهتر گوشت جوجه‌های گوشتی در تیمارهای مصرف‌کننده اسانس شده است (Samadian *et al*., 2013). در پژوهشی دیگر، افزودن اسانس پونه کوهی سبب افزایش امتیاز خواص حسی گوشت جوجه‌های گوشتی شد که آنها علت این امر را خواص آنتی‌اکسیدانی و داشتن پلی فنول و فلاونویید اسانس‌های روغنی دانستند که موجب محدود کردن اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها می‌شود (Cazares *et al*., 2019). گیاهان و اسانس آنها سرشار از ترکیبات فنلی با خواص آنتی اکسیدانی هستند که با مهار اکسیداسیون لیپید، تشکیل رادیکال‌های آزاد را مهار می‌کنند.

جدول ۴- اثر نوع روغن و مکمل اسید وانیلیک بر متابولیت‌های خون جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی

Table 4. Effect of Oil type (oxidized or non-oxidized) and Vanillic supplement on blood metabolites of broilers at 42 days of age

Effects	Glucose (mg/dl)	Cholesterol (mg/dl)	Triglyceride (mg/dl)
Oil/Vanillic			
Non Oxidized Oil (N-OX)	219.87	95.37	46.87[a]
Oxidized Oil (OX)	218.25	96.50	43.62[b]
SEM	2.48	1.25	0.95
P-value	0.65	0.54	0.03
Vanillic			
0	217.50	100.12[a]	46.25
100 mg	220.62	91.75[b]	44.25
SEM	2.48	1.25	0.95
P-value	0.39	0.005	0.16
Oil×Vanillic			
N-OX× 0	221.25	101.50[a]	48.75
N-OX× 100	218.50	89.25[c]	45.00
OX × 0	213.75	98.75[ab]	43.75
OX × 100	22.75	94.25[b]	43.50
SEM	3.51	1.77	2.53
P-value	0.12	0.04	0.22

[a-c] In each column, means with different letters are significantly different ($P<0.05$). SEM: Standard error of the means

جدول ۵- اثر نوع روغن و مکمل اسید وانیلیک بر صفات کیفی گوشت جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی

Table 5. Effect of Oil type (oxidized or non-oxidized) and Vanillic supplement on meat quality traits of broilers at 42 days of age

Effects	pH	Water holding capacity (%)	Drip loss (%)	Cooking loss (%)
Oil/Vanillic				
Non Oxidized Oil (N-OX)	5.72[b]	59.65[a]	11.59[b]	23.37[b]
Oxidized Oil (OX)	5.57[a]	56.81[b]	13.19[a]	25.12[a]
SEM	0.008	0.45	0.25	0.27
P-value	0.0001	0.0007	0.001	0.0008
Vanillic				
0	5.56[b]	57.00[b]	13.14[a]	25.15[a]
100 mg	5.73[a]	59.46[a]	11.64[b]	23.44[b]
SEM	0.008	0.45	0.25	0.27
P-value	0.0001	0.002	0.0007	0.0005
Oil× Vanillic				
N-OX× 0	5.62[b]	58.50	12.24	24.30
N-OX× 100	5.82[a]	60.81	10.90	22.45
OX × 0	5.50[c]	55.50	14.00	26.00
OX × 100	5.64[b]	58.12	12.37	24.42
SEM	0.01	0.63	0.35	0.39
P-value	0.049	0.80	0.73	0.78

[a-b] In each column, means with different letters are significantly different ($P<0.05$). SEM: Standard error of the means

در زمینه افزودن اسید وانیلیک به جیره طیور، مطالعات بسیار محدود است. در یک مطالعه اخیر، خواص آنتی-اکسیدانی اسید وانیلیک و محافظت سلول‌ها از تخریب اکسیداتیو با افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دسموتار و کاهش مالون‌دی‌آلدهید نشان داده شده است (Duskaev *et al*., 2023). در آزمایش دیگر، با مصرف ۵۰ میلی گرم مکمل اسید وانیلیک در موش‌های دیابتی، فعالیت‌های آنتی اکسیدانی به‌طور قابل توجهی افزایش و سطح نشانگرهای پراکسیداسیون لیپید کاهش یافت (Vinothiya and Ashokkumar, 2017). نتایج حاصل از

یک مطالعه حاکی از آن است که افزودن چهار گرم بر کیلوگرم اسید وانیلیک به جیره خوکچه‌ها سبب کاهش تیوباربیتوریک اسید و افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز خون شد که نشان‌دهنده نقش آنتی‌اکسیدانی آن است (Hu *et al*., 2022). با توجه به نقش اسید وانیلیک در سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، افزودن آن به جیره‌های غذایی طیور تغذیه شده با روغن اکسید شده می‌تواند منجر به کاهش اکسیداسیون گوشت و بهبود کیفیت آن شود.

نتیجه‌گیری کلی

طبق نتایج این آزمایش، استفاده از روغن رستورانی اکسید شده منجر به کاهش مصرف خوراک، کاهش وزن زنده، کاهش وزن لاشه و سینه و کاهش کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی شد، در حالی که مکمل اسید وانیلیک با افزایش وزن و مصرف خوراک، افزایش وزن لاشه، سینه و ران و همچنین افزایش کیفیت گوشت، نقش مثبتی در بهبود عملکرد رشد و خصوصیات لاشه و گوشت جوجه‌های تغذیه شده با روغن اکسید شده داشت. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت مکمل اسید وانیلیک با کنترل رادیکال‌های آزاد تولید شده به‌واسطه مصرف روغن‌های اکسید شده، نقش موثری در بهبود عملکرد، بازده لاشه و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در زمان مصرف روغن‌های رستورانی دارد.

فهرست منابع

Anjum, M. I., Mirza, I. H., Khan, A. G., & Azim, A. (2004). Effect of fresh versus oxidized soybean oil on growth performance, organs weights and meat quality of broiler chicks. *Pakistan Veterinary Journal*, *24(4)*, 173-178.

Attia, Y. A., Abd El-Hamid, E. A. H., Nagadi, S. A., de Oliveira, M. C., Bovera, F., & Habiba, H. I. (2019). Dietary distilled fatty acids and antioxidants improve nutrient use and performance of Japanese male quails. *Animal Science Papers and Reports*, *37*, 65-74.

Baiao, N. C., & Lara, L. J. C. (2005). Oil and fat in broiler nutrition. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *7(3)*,129-141. doi: 10.1590/S1516-635X2005000300001

Bayraktar, H., Altan, O. Z. G. E., Açıkgoz, Z., Baysal, S. H., & Şeremet, C. (2011). Effects of oxidised oil and vitamin E on performance and some blood traits of heat-stressed male broilers. *South African Journal of Animal Science*, *41(3)*, 288-296. doi: 104314/sajas.v41i3.12

Bertram, H. C., Andersen, H. J., Karlsson, A. H., Horn, P., Hedegaard, J., Norgaard, 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. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00272-3

Calixto-Campos, C., Carvalho, T. T., Hohmann, M. S., Pinho-Ribeiro, F. A., Fattori, V., Manchope, M. F., Zarpelon, A. C., Baracat, M. M., Georgetti, S. R., Casagrande, R., & Verri Jr, W. A. (2015). Vanillic acid inhibits inflammatory pain by inhibiting neutrophil recruitment, oxidative stress, cytokine production, and NFκB activation in mice. *Journal of Natural Products*, *78(8)*, 1799-1808. doi: 10.1021/acs.jnatprod.5b00246

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

Cazares-Gallegos, R., Silva-Vazquez, R., Hernandez-Martinez, C. A., Gutierrez-Soto, J. G., Kawas-Garza, J. R., Hume, M. E., & Mendez-Zamora, G. M. (2019). Performance, carcass variables, and meat quality of broilers supplemented with dietary Mexican oregano oil. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *21*(01). doi: 10.1590/1806-9061-2018-0801

Chang, W. C., Wu, J. S. B., Chen, C. W., Kuo, P. L., Chien, H. M., Wang, Y. T., & Shen, S. C. (2015). Protective effect of vanillic acid against hyperinsulinemia, hyperglycemia and hyperlipidemia via alleviating hepatic insulin resistance and inflammation in high-fat diet (HFD)-fed rats. *Nutrients*, *7*(12), 9946-9959. doi: 10.3390/nu7125514

Chowdhury, S., Mandal, G. P., Patra, A. K., Kumar, P., Samanta, I., Pradhan, S., & Samanta, A. K. (2018). Different essential oils in diets of broiler chickens: 2. Gut microbes and morphology, immune response, and some blood profile and antioxidant enzymes. *Animal Feed Science and Technology*, *236*, 39-47. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.12.003

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

Duskaev, G., Kurilkina, M., & Zavyalov, O. (2023). Growth-stimulating and antioxidant effects of vanillic acid on healthy broiler chickens. *Veterinary World*, *16*(3), 518. doi: 10.14202/vetworld.2023.518-525

Eler, G., Gomes, A. V. C., Trindade, B. S., Almeida, L. S. L., Dilelis, F., Cardoso, V. S., & Lima, C. A. R. (2019). Oregano essential oil in the diet of broilers: performance, carcass characteristics, and blood parameters. *South African Journal of Animal Science*, *49*(4), 753-762. doi: 10.4314/sajas. v49i4.17

Jonaidi Jafari, N., Kargozari, M., Ranjbar, R., Rostami, H., & Hamedi, H. (2018). The effect of chitosan coating incorporated with ethanolic extract of propolis on the quality of refrigerated chicken fillet. *Journal of Food Processing and Preservation*, *42*(1), e13336.doi:10.1111/jfpp.13336

Hintz, T., Matthews, K. K., & Di, R. (2015). The use of plant antimicrobial compounds for food preservation. *BioMed Research International*, *2015*(1)*,* 246264. doi: 10.1155/2015/246264

Hong, J. C., Steiner, T., Aufy, A., & Lien, T. F. (2012). Effects of supplemental essential oil on growth performance, lipid metabolites and immunity, intestinal characteristics, microbiota and carcass traits in broilers. *Livestock Science, 144*(3)*,* 253-262. doi: 10.1016/j.livsci.2011.12.008

Hu, R., Wu, S., Li, B., Tan, J., Yan, J., Wang, Y., Tang, Z., Liu, M., Fu, C., Zhang, H., & He, J. (2022). Dietary ferulic acid and vanillic acid on inflammation, gut barrier function and growth performance in lipopolysaccharide-challenged piglets. *Animal Nutrition*, *8*, 144-152. doi: 10.1016/j.aninu.2021.06.009

Kishawy, A. T., Omar, A. E., & Gomaa, A. M. (2016). Growth performance and immunity of broilers fed rancid oil diets that supplemented with pomegranate peel extract and sage oil. *Japanese Journal of Veterinary Research*, *64*(Suppl. 2), 31-38.

Kaleem, A., Aziz, S., & Iqtedar, M. (2015). Investigating changes and effect of peroxide values in cooking oils subject to light and heat. *FUUAST Journal of Biology*, *5*(2), 191-196.

Khattak, F., Ronchi, A., Castelli, P., & Sparks, N. (2014). Effects of natural blend of essential oil on growth performance, blood biochemistry, cecal morphology, and carcass quality of broiler chickens. *Poultry Science*, *93*(1), 132-137. doi: 10.3382/ps.2013-03387

McGill, J., McGill, E., Kamyab, A., & Firman, J. (2011). Effect of high peroxide value fats on performance of broilers in a normal immune state. *International Journal of Poultry Science*, *10*(10), 241-246. doi: 10.3923/ijps.2011.241.246

Mikołajczak, N., Tańska, M., & Ogrodowska, D. (2021). Phenolic compounds in plant oils: A review of composition, analytical methods, and effect on oxidative stability. *Trends in Food Science and Technology*, *113*, 110-138. doi: 10.1016/j.tifs.2021.04.046

Moradi, M. K. H., Saleh, H., & Mirakzahi, M. T. (2021). The effects of hydroalcoholic extract of boerhavia elegans and vitamin E on performance and antioxidant status of broilers in diets containing oxidized oil. *Animal Environment Journal*, *13*(3), 95-104. doi:10.22069/psj.2022.19864.1768

Mountzouris, K. C., Paraskevas, V., Tsirtsikos, P., Palamidi, I., Steiner, T., Schatzmayr, G., & Fegeros, K. (2011). Assessment of a phytogenic feed additive effect on broiler growth performance, nutrient digestibility and caecal microflora composition. *Animal Feed Science and Technology*, *168*(3-4), 223-231. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2011.03.020

Moustafa, N., Aziza, A., Orma, O., & Ibrahim, T. (2020). Effect of supplementation of broiler diets with essential oils on growth performance, antioxidant status, and general health. *Mansoura Veterinary Medical Journal*, *21*(1), 14-20. doi: 10.35943/mvmj.2020.21.103

Nobakht, M., Darmani-Kuhi, H., & Mohiti-Asli, M. (2017). Effect of Zataria multiflora boiss (thyme) extract and fat on meat quality, intestinal pH and serum antioxidant status of broiler chicks. *Animal Production Research*, *6*(2), 51-61. [In Persian]

Salama, A. M., Belih, S. S., & Khedr, N. E. (2023). Impact of dietary oregano plant extract supplementation on carcass traits, physical and chemical meat quality of broilers. *Journal of Advanced Veterinary Research*, *13*(7), 1386-1393.

Samadian, F., Tohidi, A., Zainaldini, S., Karimi, M., Ansari, Z., Gholamzade, P., & Taghizadeh, M. (2013). The effect of adding essential oils of thyme, lemon, mint and zenian in the diet of male broiler chickens on meat quality parameters. *Livestock Production Research*, *4*(7), 78-91. [In Persian]

Tan, L., Rong, D., Yang, Y., & Zhang, B. (2018). Effect of oxidized soybean oils on oxidative status and intestinal barrier function in broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *20*(02), 333-342. doi: 10.1590/1806-9061-2017-0610

Tan, L., Rong, D., Yang, Y., & Zhang, B. (2019). The effect of oxidized fish oils on growth performance, oxidative status, and intestinal barrier function in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, *28*(1), 31-41. doi: 10.3382/japr/pfy013

Tavarez, M. A., Boler, D. D., Bess, K. N., Zhao, J., Yan, F., Dilger, A. C., McKeith, F. K., & Killefer, J. (2011). Effect of antioxidant inclusion and oil quality on broiler performance, meat quality, and lipid oxidation. *Poultry Science*, *90*(4), 922-930. doi: 10.3382/ps.2010-01180

Tiihonen, K., Kettunen, H., Bento, M. H. L., Saarinen, M., Lahtinen, S., Ouwehand, A. C., Schulze, H., & Rautonen, N. (2010). The effect of feeding essential oils on broiler performance and gut microbiota. *British Poultry Science*, *51*(3), 381-392. doi: 10.1080/00071668.2010.496446

Vinothiya, K., & Ashokkumar, N. (2017). Modulatory effect of vanillic acid on antioxidant status in high fat diet-induced changes in diabetic hypertensive rats. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, *87*, 640-652. doi: 10.1016/j.biopha.2016.12.134

Vossen, E., Ntawubizi, M., Raes, K., Smet, K., Huyghebaert, G., Arnouts, S., & De Smet, S. (2011). Effect of dietary antioxidant supplementation on the oxidative status of plasma in broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *95*(2), 198-205. doi: 10.1111/j.1439-0396.2010. 01041.x

Zhang, Q., Saleh, A. S., Chen, J., & Shen, Q. (2012). Chemical alterations taken place during deep-fat frying based on certain reaction products: A Review. *Chemistry and Physics of Lipids*, *165*(6), 662-681. doi: 10.1016/j.chemphyslip.2012.07.002